

**PENGUNAAN CUMULATIVE SUM (CUSUM) DENGAN
PENDEKATAN PROJECTION PURSUIT PADA
PENGENDALIAN KUALITAS PRODUKSI
(STUDI KASUS: PT. SEMEN TONASA)**



SKRIPSI

*Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar S.Mat
Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Alauddin Makassar*

Oleh :

SRIE CHAERUNNISA
NIM. 60600112083

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI ALAUDDIN
MAKASSAR
2017**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Mahasiswa yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Srie Chaerunnisa
NIM : 60600112083
Tempat/Tgl. Lahir : Parepare/02 Januari 1994
Jur/Prodi/Konsentrasi : Matematika/Matematika/Statistik
Fakultas/Program : Sains dan Teknologi
Alamat : Jl. Bitoa Lama No. 79, Kel. Bitowa, Kec. Manggala,
Makassar, Sulawesi Selatan
Judul : Penggunaan *Cumulative Sum* (CUSUM) dengan
Pendekatan *Projection Pursuit* pada pengendalian
kualitas produksi (Studi Kasus: PT. Semen Tonasa)

Menyatakan dengan sesungguhnya dan penuh kesadaran bahwa skripsi ini benar adalah hasil karya sendiri. Jika di kemudian hari terbukti bahwa ia merupakan duplikat, tiruan, plagiat, atau dibuat oleh orang lain, sebagian atau seluruhnya, maka skripsi dan gelar yang diperoleh karenanya batal demi hukum.

Makassar, 18 Oktober 2017

Penyusun,



Srie Chaerunnisa

NIM. 60600112083

PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi yang berjudul “Penggunaan Cumulative Sum (Cusum) Dengan Pendekatan Projection Pursuit Pada Pengendalian Kualitas Produksi (Studi Kasus : PT. Semen Tonasa)”, yang disusun oleh Saudari **Srie Chaerunnisa**, Nim: **60600112083** Mahasiswa Jurusan Matematika pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar, telah diuji dan dipertahankan dalam sidang *munaqasyah* yang diselenggarakan pada hari Rabu tanggal **18 Oktober 2017 M**, bertepatan dengan **28 Muharram 1439 H**, dinyatakan telah dapat diterima sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika (S.Mat.).

Makassar, 18 Oktober 2017 M
28 Muharram 1439 H

DEWAN PENGUJI

Ketua	: Dr. Wasilah, S.T., M.T.	(.....)
Sekretaris	: Risnawati Ibbas, S.Si., M.Si.	(.....)
Munaqisy I	: Irwan, S.Si., M.Si.	(.....)
Munaqisy II	: Adnan Suddin, S.Pd., M.Si.	(.....)
Munaqisy III	: Prof. Dr. H. Arifuddin Ahmad, M.Ag.	(.....)
Pembimbing I	: Ermawati, S.Pd., M.Si.	(.....)
Pembimbing II	: Try Azisah Nurman, S.Pd., M.Pd.	(.....)

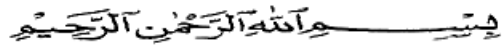
Diketahui oleh:

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Alauddin Makassar



Prof. Dr. H. Arifuddin Ahmad, M.Ag.
Nip. 19691205 199303 1 001

KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Subhana Wata'ala, yang telah memberikan ilmu, nikmat, limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Tak lupa pula shalawat dan salam dikirimkan atas junjungan Nabi besar Muhammad Sallallahu 'Alaihi Wasallam, Nabi sebagai suri tauladan hingga akhir zaman.

Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika di Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. Adapun judul dari skripsi ini adalah "*Pengunaan cumulative sum (CUSUM) dengan pendekatan projection pursuit pada pengendalian kualitas produksi (Studi kasus: PT. Semen Tonasa)*".

Keberhasilan penulisan skripsi ini tidak terlepas dari doa, bantuan, bimbingan serta arahan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis menyampaikan rasa hormat dan terimakasih yang setulus-tulusnya kepada Mama tersayang Hj. Sitti Aisah, S.Pd, MM dan Bapak tercinta M. Sulaeman Yusuf yang telah mencurahkan segenap cinta dan kasih sayang, restu serta perhatian moril, materil maupun do'a atas kesuksesan dan keselamatan selama menempuh pendidikan.

Rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan pula kepada:

1. Prof. Dr. H. Arifuddin Ahmad, M.Ag, Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar atas pemberian kesempatan pada penulis untuk melakukan studi ini dan menyelesaikan skripsi ini,

2. Bapak Irwan, S.Si., M.Si, Ketua Jurusan Matematika atas arahan, bimbingan, waktu dan ilmu yang diberikan dalam penyempurnaan skripsi ini,
3. Ibu Ermawati, S.Pd., M.Si, pembimbing pertama yang telah dengan sabar meluangkan waktu, tenaga dan pikiran memberikan bimbingan, arahan, motivasi dan saran-saran yang sangat berharga kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini,
4. Ibu Try Azizah Nurman, S.Pd., M.Si, pembimbing kedua yang telah dengan sabar meluangkan waktu, tenaga dan pikiran memberikan bimbingan, arahan, motivasi dan saran-saran yang sangat berharga kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini,
5. Bapak Irwan, S.Si., M.Si, penguji pertama atas waktu dan ilmu yang diberikan dalam penyempurnaan skripsi ini,
6. Bapak Adnan Sauddin, S.Pd., M.Si, penguji kedua atas waktu dan ilmu yang diberikan dalam penyempurnaan skripsi ini,
7. Bapak Prof. Dr. H. Arifuddin Ahmad, M.Ag, penguji ketiga atas waktu dan ilmu yang diberikan dalam penyempurnaan skripsi ini,
8. Bapak/Ibu Dosen di Jurusan Matematika yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan ilmu, arahan dan motivasi dari awal perkuliahan hingga skripsi ini selesai,
9. Staf Karyawan Fakultas Sains dan Teknologi yang selama ini telah membantu dalam pengurusan akademik dan persuratan dalam penulisan,

10. Staf Karyawan, Laboran dan Petugas Ruang Baca Jurusan Matematika yang selama ini telah membantu dalam pengurusan akademik dan persuratan dalam penulisan,
11. Adik ku tersayang Asti Yulianti, Muh. Hilmy, dan kakakku Nurfaida, S.Pt, yang yang telah mencurahkan do'a, tenaga dan dukungannya kepada penulis,
12. Om Abd. Rahman dan Tante Surianti, S.Pd di Pangkep yang telah mencurahkan do'a, tenaga dan dukungannya kepada penulis serta membantu penulis selama proses penelitian dan pengerjaan skripsi berlangsung,
13. Sahabat ku tercinta A. Emmi Ika Damayanti, S.Mat., Hasnaeni Abbas, S.Mat, Verawati, S.Mat, Khairul Ahluddin, Muhammad Aril Syahril, S.Pt, Ayu Saputri, S.Kg yang senantiasa membantu, memotivasi, mendoakan kesuksesan serta menjadi penyemangat selama ini,
14. Teman-teman seperjuangan angkatan 2012 "KU12VA", angkatan "5cm", yang selalu memberikan semangat dan inspirasi mulai dari awal perkuliahan hingga penulisan skripsi selesai,
15. Teman-teman seperjuangan angkatan "5cm", yang selalu memberikan semangat dan inspirasi mulai dari awal perkuliahan hingga penulisan skripsi selesai,
16. Kepada seluruh keluarga, sahabat dan pihak-pihak yang tidak disebutkan satu persatu, terima kasih atas segala doa dan motivasinya.

Penulis menyadari masih banyak kesalahan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini, untuk itu sangat diharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini.

Makassar, 18 Oktober 2017

Penulis



Srie Chaerunnisa

NIM. 60600112083



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
PENGESAHAN SKRIPSI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR SIMBOL.....	xii
ABSTRAK... ..	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1-7
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Tujuan Penelitian	5
D. Batasan Masalah	5
E. Manfaat Penelitian	5
F. Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8-44
A. Produksi dan Kualitas	9
B. Pengendalian Kualitas	11
C. <i>Cumulative Sum with Projection Pursuit</i>	14
D. Jenis Produksi PT. Semen Tonasa	23
E. Proses Pembuatan Semen	29

BAB III METODE PENELITIAN	45-47
A. Jenis Penelitian	45
B. Waktu dan Lokasi Penelitian	45
C. Data Penelitian	45
D. Definisi Operasional Variabel	45
E. Analisis Data dan Prosedur Penelitian	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	48-79
A. Hasil Penelitian	48
B. Pembahasan	75
BAB V PENUTUP	80
A. Kesimpulan	80
B. Saran	80
DAFTAR PUSTAKA	81
LAMPIRAN	82

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	ARL dan SRL dari grafik kendali PPCUSUM dengan $k = 0,5$, dan $p = 2, 3, 4$ serta berbagai batas kendali h	16
Tabel 2.2	Syarat Kimia Utama	24
Tabel 2.3	Syarat Kimia Tambahan.....	25
Tabel 2.4	Syarat Fisika Utama	26
Tabel 2.5	Syarat Fisika Tambahan	27
Tabel 4.1	Data Sampel	48
Tabel 4.2	Deskriptif Statistik Karakteristik CaO	49
Tabel 4.3	Deskriptif Statistik Karakteristik SO ₃	50
Tabel 4.4	Deskriptif Statistik Karakteristik <i>free lime</i>	51
Tabel 4.5	Deskriptif Statistik Karakteristik Residu 45	51
Tabel 4.6	Nilai ARL.....	67
Tabel 4.7	Nilai Batas Kendali h	68
Tabel 4.8	Nilai Standarisasi Sampel ke- i	69
Tabel 4.9	Nilai <i>Cumulative Sum</i>	71
Tabel 4.10	Nilai <i>Cumulative Sum</i> setelah <i>out-of-control</i>	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1	Grafik Kendali CUSUM	72
Gambar 4.2	Grafik Kendali CUSUM setelah <i>out-of-control</i>	74



DAFTAR SIMBOL

r	= koefisien korelasi antara kedua variabel
n	= banyak data pada subgroup
X_i	= variabel pertama
Y_i	= variabel kedua
$\sum_{i=1}^n$	= jumlahan i sampai n
C_i	= nilai jumlah kumulatif sampel ke- i
\bar{x}_j	= rata-rata sampel
μ_0	= nilai rata-rata data <i>training</i>
μ_1	= nilai rata-rata data <i>testing</i>
k	= nilai referensi grafik kendali CUSUM
Σ_0	= matriks varian kovarian
\bar{x}_{jk}	= rata-rata dari subgroup sampel
S_{jk}^2	= nilai varian dari matriks varian kovarian
S_{jkh}	= nilai kovarian dari matriks varian kovarian
m	= jumlah subgroup
Δ	= peningkatan nilai ARL
δ^*	= perbedaan/selisih μ_0 dan μ_1 dibagi standar deviasi
σ	= standar deviasi
b	= nilai tetap ditambah batas kendali
\bar{y}_i	= vektor dari rangkaian karakteristik

$\Sigma_0^{-1/2}$ = invers dari akar matriks varian kovarian

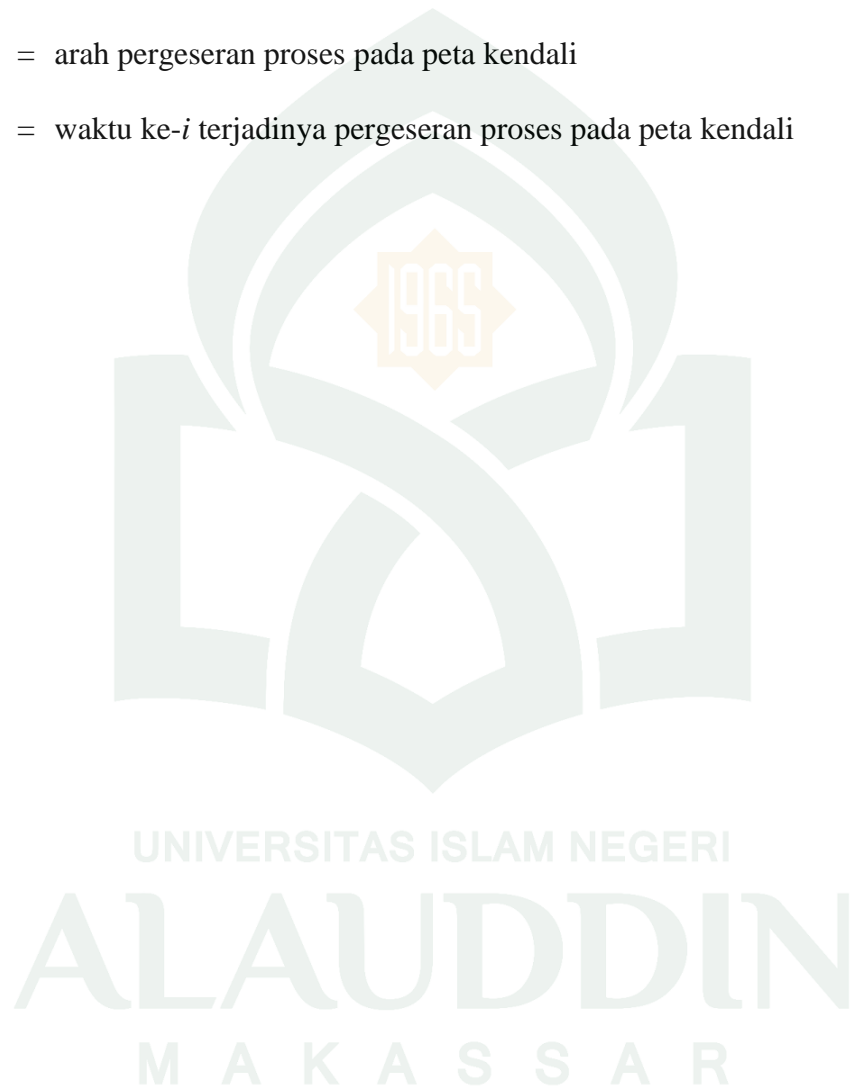
S_0 = vektor yang melambangkan sampel *out-of-control*

i_0 = waktu ke- i pada saat terjadinya *out-of-control* pada grafik pertama

i_1 = waktu ke- i pada saat terjadinya *out-of-control* pada grafik kedua

\hat{a}_0 = arah pergeseran proses pada peta kendali

i_n = waktu ke- i terjadinya pergeseran proses pada peta kendali



ABSTRAK

Nama : Srie Chaerunnisa

NIM : 60600112083

Judul : PENGGUNAAN CUMULATIVE SUM (CUSUM) DENGAN
PENDEKATAN PROJECTION PURSUIT PADA PENGENDALIAN
KUALITAS PRODUKSI (STUDI KASUS: PT. SEMEN TONASA)

Penelitian ini membahas tentang grafik kendali CUSUM dengan pendekatan *projection pursuit*. Grafik kendali digunakan untuk memonitoring pengendalian kualitas pada suatu perusahaan/instansi. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan pengendalian kualitas statistik pada produksi PT. Semen Tonasa dengan menggunakan metode grafik kendali *multivariate* CUSUM dengan pendekatan *projection pursuit*. Karakteristik yang digunakan ada empat yaitu CaO, SO₃, *free lime*, dan Residu 45 yang terkandung dalam semen jenis OPC hasil produksi PT. Semen Tonasa.

Berdasarkan hasil yang diperoleh, tidak ada sampel yang melewati batas kendali $h = 26,578$ pada grafik kendali pertama (produksi dalam keadaan terkontrol), sehingga tidak perlu melakukan interpretasi untuk mengetahui sampel ke- berapa yang pertama kali *out-of-control* pada batas kendali yang sama di grafik kendali kedua. Dari perbedaan nilai kedua grafik, diperoleh bahwa pada sampel ke-1 pergeseran proses akan dimulai dan arah pergeseran proses sebesar $(0 \ 0 \ 0 \ 0)$.

Kata kunci: statistik, grafik kendali, CUSUM, projection pursuit.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Proses produksi tidak dapat terlepas dari kehidupan sehari-hari manusia. Untuk memenuhi kebutuhan yang masih sederhana, seseorang memproduksi kebutuhannya sendiri. Namun seiring berkembangnya zaman, kebutuhan seseorang juga semakin meningkat sehingga tidak sanggup lagi memenuhi kebutuhannya dan memperoleh kebutuhan tersebut dari orang lain.

Setiap manusia adalah produsen yang menghasilkan barang dan jasa yang berkaitan langsung dengan lingkungan hidup. Sebagai produsen, maka manusia tidak boleh melakukan tindakan yang merusak lingkungan hidup. Hasil yang diproduksi harus memenuhi komposisi yang telah ditetapkan. Sebagaimana Allah SWT berfirman dalam QS. Ash-Shu'araa (26:181-182) :

﴿ أَوْفُوا الْكَيْلَ وَلَا تَكُونُوا مِنَ الْمُخْسِرِينَ ﴾ وَزِنُوا بِالْقِسْطَاسِ الْمُسْتَقِيمِ ﴿١٨٢﴾

Terjemahnya :

“181. Sempurnakanlah takaran dan janganlah kamu termasuk orang-orang yang merugikan; 182. dan timbanglah dengan timbangan yang lurus.”¹

Setelah Nabi Syu'aib as. menasehati kaumnya, mereka seakan-akan bertanya: “Apakah yang harus kami lakukan?” Beliau menjawab: “*Sempurnakanlah takaran dan yang ditakar bila kamu menakar untuk orang lain, sebagaimana kamu menakar untuk diri kamu sendiri, dan janganlah kamu termasuk salah seorang anggota kelompok yang dikenal luas sebagai orang-orang*

¹ Departemen Agama RI. *Al-Qur'an Al Karim*. (Bandung: Syaamil Quran, 2003), h. 328.

*yang merugikan diri sendiri akibat merugikan orang lain; dan di samping itu timbanglah untuk diri kamu dan untuk orang lain dengan timbangan tepat yang lurus.*²

Berbicara dalam konteks produksi, penafsiran ayat di atas memberikan himbauan kepada produsen untuk memberikan hasil produksi yang sesuai dengan takaran atau komposisi dari barang/jasa produksi yang telah ditetapkan. Keadilan dalam proses produksi akan memberikan dampak yang positif untuk kelangsungan hidup masyarakat. Baik itu dari pihak produsen mendapatkan kepercayaan dari konsumen dan akan memakai barang produksi secara terus-menerus serta pihak dari konsumen yang mendapatkan barang produksi yang sesuai dengan kebutuhannya.

PT. Semen Tonasa merupakan salah satu perusahaan besar yang bergerak dibidang persemenan dikawasan Indonesia Timur. PT. Semen Tonasa ingin menjadi produsen semen yang memiliki kualitas, harga bersaing dan pengiriman tepat waktu kepada konsumen. Salah satu jenis semen produksi Semen Tonasa yaitu semen OPC atau semen Tipe I yang mempunyai komposisi limit CaO 66%, SiO₂ 21.5%, Al₂O₃ 5.5%, Fe₂O₃ 3.9%, MgO 5%, SO₃ 2.5 – 3%, dan CaO Bebas 0.82% untuk setiap 50 kg beratnya.

Proses produksi yang dilalui untuk memperoleh komposisi limit tersebut yaitu bahan baku dipecah dan digiling disertai pengeringan dengan mengalirkan udara panas ke dalam *raw mill* sampai diperoleh tepung baku. Selanjutnya tepung baku diumpan ke dalam *suspension preheater* sebagai pemanasan awal, lalu

² M. Quraish Shihab. *Tafsir Al-Mishbah Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an*. (Jakarta: Lentera Hati, 2002). Vol. 10. h. 128.

diumpun ke *kiln* dan diproses menjadi terak. Dimana terak tersebut didinginkan dan dicampur dengan *gypsum* dan digiling dalam *finish mill* sehingga menjadi semen.

Produksi terus menerus akan menimbulkan beberapa variasi karena berbagai faktor. Oleh karena itu dibutuhkan suatu alat untuk memonitoring variasi dari produk-produk yang diproduksi. Alat yang digunakan untuk memonitor dan mengontrol dalam dunia statistik dikenal sebagai grafik kendali. Grafik kendali adalah suatu alat statistik yang dapat memperlihatkan dan memonitoring variasi-variasi kualitas produksi yang dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Grafik kendali dapat digunakan untuk mengambil keputusan dan tindakan perbaikan sehingga kualitas produksi dapat terkendali.

Salah satu contoh grafik kendali yaitu grafik kendali \bar{X} *Shewhart* (*Shewhart \bar{X} chart*) yang telah umum digunakan dalam mengendalikan proses dengan data variabel dan berfungsi dengan baik untuk mendeteksi pergeseran rata-rata yang besar. Namun, seringkali dalam situasi praktis, akan dijumpai pergeseran rata-rata yang kecil atau sedang (pergeseran rata-rata yang kurang dari atau sama dengan 1,5 standar deviasi). Dalam kasus ini, grafik kendali \bar{X} *Shewhart* kurang cepat mendeteksi.

Grafik kendali CUSUM digunakan sebagai alternative grafik kendali *Shewhart*. Grafik kendali CUSUM (*cumulative sum*) adalah teknik analisis data untuk menentukan apakah proses pengukuran telah keluar dari kendali statistik. Menggunakan grafik kendali CUSUM juga dapat mempermudah menyidik secara visual dengan perubahan titik-titik proses yang berada pada grafik kendali. Agar

grafik kendali CUSUM memiliki fungsi dan keuntungan yang lebih baik, maka peneliti melakukan pengembangan grafik kendali melalui pendekatan *projection pursuit*.

Grafik kendali CUSUM dengan pendekatan *projection pursuit* (PPCUSUM) menggunakan hasil dari jumlah kumulatif deviasi nilai sampel dari nilai target. PPCUSUM lebih efektif untuk mendeteksi pergeseran rata-rata yang kecil karena standar deviasi yang digunakan memiliki nilai yang kecil juga dibandingkan dengan grafik kendali CUSUM serta lebih mudah untuk mendeteksi pergeseran waktu yang terjadi pada pengendalian proses.

Berdasarkan uraian diatas, penulis tertarik mengangkat judul “*Penggunaan cumulative sum (CUSUM) dengan pendekatan projection pursuit pada pengendalian kualitas produksi (studi kasus: PT. Semen Tonasa)*”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka peneliti dapat merumuskan masalah yang akan dibahas yaitu bagaimana pengendalian kualitas statistik pada produksi di PT. Semen Tonasa dengan menggunakan metode grafik kendali *cumulative sum* (CUSUM) dengan pendekatan *projection pursuit*?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengendalian kualitas statistik pada produksi di PT. Semen Tonasa dengan menggunakan metode grafik kendali *cumulative sum* (CUSUM) dengan pendekatan *projection pursuit*.

D. Batasan Masalah

Semen yang diteliti adalah semen jenis OPC dan kandungannya yaitu kadar *free lime* (kapur bebas), kadar CaO, kadar SO₃, dan kehalusan semen hasil produksi PT. Semen Tonasa. Grafik kendali yang digunakan yaitu grafik kendali *cumulative sum* dengan pendekatan *projection pursuit*. Hasil dari penelitian ini hanya berlaku untuk PT. Semen Tonasa.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kegunaan bagi:

1. Penulis

Hasil penelitian ini merupakan pengaplikasian ilmu yang telah diperoleh di bangku kuliah mengenai pengendalian kualitas, khususnya mengenai diagram CUSUM dengan pendekatan *projection pursuit* untuk pengendalian kualitas produksi.

2. Perusahaan

Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu perusahaan dalam memperbaiki kualitas produksi dan memonitor perubahan-perubahan pada karakteristik hasil produksi perusahaan.

3. Rekan-rekan mahasiswa

Hasil penelitian ini diharapkan dapat berguna untuk yang ingin mengetahui lebih dalam mengenai pengendalian kualitas sehingga hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan dan dijadikan sebagai salah satu bahan referensi atau bahan pertimbangan dalam kegiatan penelitian selanjutnya.

F. Sistematika Penulisan

Untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai rancangan isi karya tulisan ini, secara umum dapat dilihat dari sistematika penulisan dibawah ini :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini merupakan bagian yang berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini merupakan kajian pustakan yang berisi hal-hal yang menjadi landasan pembahasan teori yang dikaji yaitu pengendalian kualitas produksi, *cumulative sum*, *projection pursuit*, dan jenis semen yang diproduksi PT. Semen Tonasa.

BAB III : METODE PENELITIAN

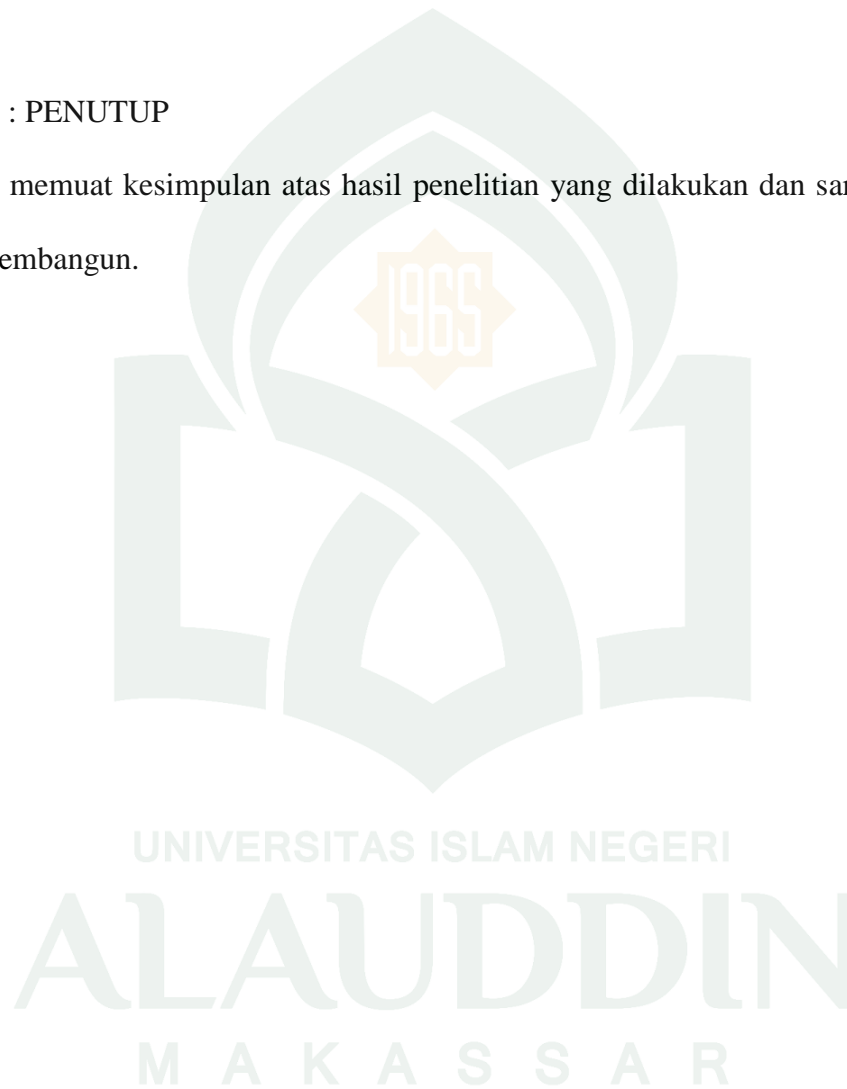
Bab ini merupakan bagian metode penelitian yang digunakan oleh penulis yaitu studi literature dan kajian pustaka, yang bertujuan untuk mengumpulkan bahan-bahan materi yang berkaitan dengan judul.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil penelitian dan pembahasan mengenai pengontrolan proses produksi dengan menggunakan grafik kendali *cumulative sum* dengan pendekatan *projection pursuit*.

BAB V : PENUTUP

Bab ini memuat kesimpulan atas hasil penelitian yang dilakukan dan saran-saran yang membangun.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Kegiatan produksi yang telah dilakukan akan menghasilkan suatu barang/jasa yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan dan kepuasan konsumen. Setiap harinya konsumen melakukan pengukuran atau penilaian terhadap kegiatan yang dilakukan baik itu secara sadar atau tidak. Contohnya dalam dunia industri, manajemen pemasaran melakukan penilaian mengenai respon konsumen terhadap produk yang ditawarkan lalu mengevaluasi serta melakukan perbaikan terhadap barang produksi guna memenuhi keinginan konsumen. Sebagaimana Allah SWT berfirman dalam QS. Al-Baqarah (54:267) :

يَتَأْتِيهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا أَنفِقُوا مِن طَيِّبَاتِ مَا كَسَبْتُمْ وَمِمَّا أَخْرَجْنَا لَكُمْ مِنَ الْأَرْضِ
وَلَا تَيَمَّمُوا الْخَبِيثَ مِنْهُ تُنْفِقُونَ وَلَسْتُمْ بِآخِذِيهِ إِلَّا أَن تُغْمِضُوا فِيهِ ۚ وَاعْلَمُوا
أَنَّ اللَّهَ غَنِيٌّ حَمِيدٌ

Terjemahnya:

“Hai orang-orang yang beriman, nafkahkanlah (di jalan Allah) sebagian dari hasil usahamu yang baik-baik dan sebagian dari apa yang Kami keluarkan dari bumi untuk kamu. dan janganlah kamu memilih yang buruk-buruk lalu kamu menafkahkan dari padanya, padahal kamu sendiri tidak mau mengambilnya melainkan dengan memincingkan mata terhadapnya. dan ketahuilah, bahwa Allah Maha Kaya lagi Maha Terpuji.”³

Hai orang-orang yang beriman, nafkahkanlah maksudnya zakatkanlah sebagian yang baik-baik dari hasil usahamu berupa harta dan sebagian yang baik-baik dari apa yang Kami keluarkan dari bumi untuk kamu berupa biji-bijian dan

³ Departemen Agama RI. *Al-Qur'an Al Karim*. (Bandung: Syaamil Quran, 2003), h. 45.

buah-buahan *dan janganlah kamu sengaja mengambil yang jelek atau yang buruk darinya* maksudnya dari yang disebutkan itu, lalu *kamu keluarkan untuk zakat* menjadi ‘hal’ dair dhamir yang terdapat pada ‘*tayammamu*’ padahal *kamu sendiri tidak mau mengambilnya* maksudnya yang jelek tadi, seandainya ia menjdai hak yang harus diberikan kepadamu *kecuali dengan memejamkan mata terhadapnya*, artinya pura-pura tidak tahu atau tidak melihat kejelekannya, maka bagaimana kamu berani memberikan itu guna memenuhi hak Allah! *Dan ketahuilah bahwa Allah Maha Kaya* sehingga tidak memerlukan nafkahmu itu *lagi Maha Terpuji* pada setiap kondisi dan situasi.⁴

Berdasarkan penafsiran ayat di atas bahwa Islam mengajarkan bila ingin memberikan hasil usaha baik berupa barang atau jasa hendaknya yang berkualitas baik, jangan memberikan barang atau jasa yang buruk atau tidak berkualitas kepada orang lain. Salah satu cara pencegahan untuk tidak memberikan barang atau jasa yang tidak berkualitas yaitu dengan melakukan pengukuran kualitas barang atau jasa hasil usaha.

A. Produksi dan Kualitas

Produksi dalam artian yang umum didefinisikan sebagai segala kegiatan yang ditujukan untuk menciptakan atau menambah guna atas suatu benda untuk memenuhi kebutuhan kepuasan manusia. Setiap proses untuk menghasilkan barang dan jasa dinamakan “Proses Produksi”. Produksi dalam artian lebih

⁴ Imam Jalaluddin Al-Mahili. *Tafsir Jalaluddin berikut Asbabun Nuzul Ayat, Surat Al-Kahfi s.d An-Nas*. (Bandung: Sinar Baru Algesindo, 2010), Vol. 1.

“operasional” adalah suatu proses dimana satu atau beberapa barang dan jasa yang disebut “input” diubah menjadi barang dan jasa yang disebut “output”.⁵

Proses produksi suatu barang sebelum dilempar ke pasaran harus melalui beberapa proses terlebih dahulu. Mulai dari mengetahui keinginan konsumen, membuat rancangan produksi, memproduksi sampel, dan menguji kualitas barang produksi apakah sudah sesuai dengan keinginan konsumen. Kualitas produk bisa diukur melalui uji pengendalian statistika, pengawasan, pelatihan ketenagakerjaan, perawatan mesin dan inspeksi. Kegiatan berkala tersebut dapat mencegah terjadinya peningkatan biaya perawatan atau dengan kata lain investasi biaya pencegahan.

Kualitas produksi merupakan salah satu pengukuran untuk mengetahui barang produksi atau jasa tersebut dapat memuaskan keinginan konsumen atau tidak makanya keseluruhan unsur dan karakteristik dari produk atau jasa haruslah mampu memenuhi harapan konsumen.

Garvin mencatat ada delapan dimensi dari kualitas produk yaitu: *performance* (kinerja), *feature* (bagian-bagian tambahan dan produk), *realibility* (kehandalan), *conformance* (kesesuaian karakteristik operasi produk-produk dengan spesifikasi tertentu atau tidak ada cacat produk), *durability* (ketahanan), *service ability* (pelayanan), estetika dan *perceived quality* (kesan kualitas).⁶

Berkaitan dengan kualitas, terkadang kualitas produksi yang dihasilkan oleh perusahaan kurang baik sehingga dapat merugikan konsumen bahkan perusahaan itu sendiri. Sehingga kualitas memerlukan suatu proses perbaikan

⁵ Djoko Sumarjono, *Diktat Kuliah Ilmu Ekonomoi Produksi*. 2004. h.9.

⁶ Fandy Tjiptono, *Prinsip-prinsip Total Quality Service*, (Yogyakarta: Penerbit ANDI, 1997).. h.27.

yang terus-menerus (*continous improvement process*) yang dapat diukur, baik secara individual, organisasi, korporasi, dan tujuan kinerja nasional.

B. Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas statistik merupakan teknik penyelesaian masalah yang digunakan untuk memonitor, mengendalikan, menganalisis, mengolah, dan memperbaiki produk dan proses menggunakan metode-metode statistik. Pengendalian kualitas adalah kombinasi semua alat dan teknik yang digunakan untuk mengontrol kualitas suatu produk dengan biaya seekonomis mungkin dan memenuhi syarat pemesanan.⁷

Variasi yang berlebihan seringkali mengakibatkan adanya pemborosan (*waste*), misalnya berupa uang, waktu, dan usaha, sehingga peningkatan kualitas juga merupakan cara mengurangi pemborosan. Oleh karena itu, peran pengendalian kualitas statistika tidak terlepas dari pemenuhan kebutuhan dalam meningkatkan kepuasan konsumen.

Pengendalian kualitas statistik merupakan teknik statistika yang diperlukan untuk menjamin dan meningkatkan kualitas produk. Sebagian besar teknik pengendalian kualitas statistik yang digunakan sekarang telah dikembangkan sebelumnya.⁸ Pengendalian proses statistik mempunyai banyak manfaat diantaranya untuk mencegah, mendeteksi dan memperbaiki kualitas produk yang buruk.

⁷ Praptono. *Buku Materi Pokok Statistika Pengawasan Kualitas*. (Jakarta: Universitas Terbuka, 1986), h. 3.

⁸ M. Jaya Chandra. *Statistikal Quality Kontrol*. (Department of Industrial and Manufacturing Engineering the Pennsylvania State University, 2001), h. 1.

Perusahaan yang melakukan kontrol kualitas dapat menentukan produk yang memenuhi persyaratan/standar perusahaan yang ditetapkan, memantau dan mengambil tindakan untuk proses dan hasil produksi yang tidak sesuai dengan standar perusahaan, dapat mengantisipasi produk yang tidak sesuai dengan standar, jadi produksi berikutnya sudah dapat dikendalikan, mengurangi biaya pemeriksaan kembali, dapat mengurangi bahan-bahan apkir sehingga produksi lebih maksimal dan mendapatkan keuntungan yang lebih banyak lagi.

Menurut Douglas C. Montgomery⁹ dan berdasarkan beberapa literatur lain menyebutkan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi pengendalian kualitas yang dilakukan perusahaan adalah:

1. Kemampuan proses

Batas-batas yang ingin dicapai haruslah disesuaikan dengan kemampuan proses yang ada. Tidak ada gunanya mengendalikan suatu proses dalam batas-batas yang melebihi kemampuan atau kesanggupan proses yang ada.

2. Spesifikasi yang berlaku

Spesifikasi hasil produksi yang ingin dicapai harus dapat berlaku, bila ditinjau dari segi kemampuan proses dan keinginan atau kebutuhan konsumen yang ingin dicapai dari hasil produksi tersebut. Dalam hal ini haruslah dapat dipastikan dahulu apakah spesifikasi tersebut dapat berlaku sebelum pengendalian kualitas pada proses dapat dimulai.

⁹ Douglas C. Montgomery, *Introduction to Statistikal Quality Kontrol*. 4th Edition. (New York, John Wiley & Sons, Inc., 2001), h. 26

3. Tingkat ketidaksesuaian yang dapat diterima

Tujuan dilakukan pengendalian suatu proses adalah dapat mengurangi produk yang berada di bawah standar seminimal mungkin. Tingkat pengendalian yang diberlakukan tergantung pada banyaknya produk yang berada di bawah standar yang dapat diterima.

4. Biaya kualitas

Biaya kualitas sangat mempengaruhi tingkat pengendalian kualitas dalam menghasilkan produk dimana biaya kualitas mempunyai hubungan yang positif dengan terciptanya produk yang berkualitas.

Pengendalian kualitas secara statistik dengan menggunakan SPC (Statistikal Process Kontrol) dan SQC (Statistikal Quality Kontrol), mempunyai 7 (tujuh) alat statistik utama yang dapat digunakan sebagai alat bantu untuk mengendalikan kualitas. Kaoru Ishikawa adalah orang yang pertama kali mengembangkan metode/teknik/alat ini, yang digunakan untuk melakukan perbagikan dan pengendalian kualitas suatu produk atau jasa, metode/teknik/alat tersebut antara lain yaitu; diagram alir, check sheet, diagram pareto, diagram sebab akibat, histogram, diagram pencar dan diagram kendali.¹⁰

Dalam pengendalian kualitas untuk perusahaan yang perlu diketahui adalah mengenal karakteristik kualitas barang/jasa yang diproduksinya. Biasanya karakteristik kualitas produk/jasa dalam bentuk numerik sehingga dalam pengendalian kualitasnya perusahaan dapat secara langsung mengukur dimensi

¹⁰ Taufiqur Rachman. *Metode/Teknik/Alat-alat Kualitas, Analisis Penyimpangan, dan Process Capability*. (Jakarta: Universitas Esa Unggul, 2013). Bahan Kuliah. h. 2. (Diakses 30 Juli 2017) <http://taufiqurrachman.weblog.esaunggul.ac.id/wp-content/uploads/sites/968/2013/05/EMA503-10-7-Alat-Kualitas-Analisa-Penyimpangan-dan-Process-Capability.pdf>

(karakteristik) produk/jasa yang dihasilkan. Namun ada beberapa karakteristik kualitas yang tidak dapat dinyatakan dalam bentuk numerik misalnya warna, penampilan suatu produk dll. Sehingga untuk mengatasinya perusahaan melakukan pengendalian kualitasnya dengan menggunakan grafik kendali atribut.

C. *Cumulative Sum with Projection Pursuit*

Grafik kendali CUSUM (*cumulative sum*) adalah teknik analisis data untuk menentukan apakah proses pengukuran telah keluar dari kendali statistik. Grafik kendali CUSUM digunakan sebagai alternatif grafik kendali Shewhart. Grafik kendali ini menghimpun secara langsung semua informasi di dalam barisan nilai-nilai sampel dengan menggambarkan jumlah kumulatif deviasi nilai sampel dari nilai target.

Grafik kendali CUSUM secara langsung menggabungkan seluruh informasi pada rangkaian nilai sampel dengan menggambarkan jumlah kumulatif dari nilai deviasi sampel dari nilai objektif. Asumsikan bahwa sampel berukuran $n \geq 1$, \bar{X}_j adalah rata-rata dari j-sampe, dan μ_0 adalah nilai yang diinginkan sebagai rata-rata proses, grafik kendali CUSUM dibentuk dengan formula :

$$C_i = \sum_{j=1}^i (\bar{x}_j - \mu_0) \quad (2.3)$$

Dengan C_i merupakan jumlah kumulatif sampai dengan sampel ke- i . Karena C_i menggabungkan informasi dari beberapa sampel, grafik kendali CUSUM lebih efektif digunakan dari pada grafik kendali Shewhart untuk menyelidiki pergeseran

yang lebih kecil.¹¹ Dari pers (2.3), C_i adalah nilai CUSUM dari sampel ke- i , jika nilai rata-rata shift berubah naik hingga terjadi $\mu_1 > \mu_0$, maka pada CUSUM akan terjadi penyimpangan ke arah positif, sebaliknya, jika nilai $\mu_1 < \mu_0$, maka pada nilai CUSUM akan terjadi penyimpangan ke arah negatif.

Cara lain yang biasanya digunakan para analis yaitu membandingkan nilai ARL. Average Run Length (ARL) adalah jumlah dari subgrup yang dihasilkan sebelum terjadinya *out of kontrol process* atau sebelum sinyal pergeseran proses terjadi. Nilai ARL mewakili rata-rata dari titik-titik yang harus diplot sebelum keadaan di luar kontrol terindikasi. ARL berfungsi sebagai peringatan kecil (alarm palsu). Semakin kecil nilai ARL maka semakin cepat grafik kendali menemukan pergeseran pada proses. Untuk bagan kendali shewhart, jika p adalah peluang dari sebuah titik akan jatuh di luar batas kontrol maka ARL diberikan oleh $ARL = \frac{1}{p}$.

$$ARL = \frac{e^{-2\Delta b} + 2\Delta b - 1}{2\Delta^2} \quad (2.4)$$

dimana,

$$\Delta = \delta^* - k$$

$$\delta^* = \frac{(\mu_1 - \mu_0)}{\sigma}$$

$$b = h + 1,166$$

Untuk ARL_0 $\delta^*=0$ Grafik kendali yang memiliki nilai ARL *in-control* (ARL_0 terbesar) dan ARL *out-of-control* (ARL_1 terkecil) akan disebut sebagai

¹¹ Irwan. *Pengendalian Kualitas Statistik*. (Makassar: Alauddin University Press, 2012), h. 132.

grafik kendali yang paling efektif untuk digunakan¹². Dengan mengetahui nilai ARL, maka penentuan berbagai batas kendali pada peta kendali PPCUSUM dapat dilakukan. Beberapa simulasi ARL dan SRL ketika proses berada dalam batas kendali dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 ARL dan SRL dari grafik kendali PPCUSUM dengan $k = 0,5$, dan $p = 2, 3, 4$ serta berbagai batas kendali h

$p = 2$			$p = 3$			$p = 4$		
h	ARL	SRL	h	ARL	SRL	h	ARL	SRL
4,75	107	98,6	5,5	108	103	7	143	133
5	133	124	6	132	125	7,5	212	195
5,5	206	196	6,25	163	153	7,75	260	246
5,75	261	249	6,5	195	187	8	305	285
6	326	311	6,75	245	232	8,25	378	340
6,25	406	359	7	300	275	8,5	446	392
6,5	485	421	7,25	365	337	8,75	524	437
7	689	504	7,5	450	391	9	628	486

Simulasi yang digunakan pada Tabel 2.1 didapatkan dengan cara pengulangan sebanyak 6000 kali. *Standart error* relatif dari nilai ARL yang diduga bisa didapatkan dengan $SRL/(ARL \times v^{1/2})$ dengan v adalah banyak pengulangan yang dilakukan. Pada Tabel 2.2 *standart error* relatif kecil dari 0.03 mengikuti formula pendekatan Siegmund (1985)¹³.

Selanjutnya mengaplikasikan pemakaian kuadrat terkecil untuk melakukan simulasi ARL dengan berbagai macam batas kendali (h) pada Tabel

¹² Rambung Agung Saesar. *Perbandingan Peta Kendali Cumulative Sum (CUSUM) dan Exponentialy Weighted Moving Average (EWMA) (Studi kasus: Data Penyebaran Wabah Ebola di Negara Guinea dan Sierra Leone Tahun 2015, Afrika Barat)*. (Makassar: Skripsi, 2015), h. 16

¹³ Ngai. H. M. and Zhang. J. *A Multivariate Cumulative Sum Based On Projection Pursuit*. *Statistica Sinica*, vol. 11. 2001. h. 753.

2.1. Hal ini akan sangat berguna dalam mendapatkan formula dalam menentukan ARL pada berbagai ukuran batas kendali. Formula untuk grafik kendali PPCUSUM dengan ARL yang berada dalam batas kendali seperti berikut ini¹⁴ :

$$\log(ARL) = c_0 + c_1 h \quad (2.5)$$

di mana:

$$c_0 = \begin{cases} 0,6899, & \text{ketika } p = 2, k = 0,5; \\ -0,0120, & \text{ketika } p = 3, k = 0,5; \\ -0,1714, & \text{ketika } p = 4, k = 0,5; \end{cases}$$

$$c_1 = \begin{cases} 0,8438, & \text{ketika } p = 2, k = 0,5; \\ 0,8159, & \text{ketika } p = 3, k = 0,5; \\ 0,7368, & \text{ketika } p = 4, k = 0,5; \end{cases}$$

Selain penentuan nilai ARL dan batas kendali h pada peta kendali PPCUSUM, nilai referensi k juga tak kalah pentingnya. Nilai referensi k yang biasanya ditentukan. k/\sqrt{n} bernilai sebesar setengah dari jarak mahalanobis.

$$d(\mu_1, \mu_0) = ((\mu_1 - \mu_0)^T \Sigma_0^{-1} (\mu_1 - \mu_0))^{1/2} \quad (2.6)$$

di mana μ_0 merupakan rata-rata dari data *training* ketika proses dianggap *in control* sedangkan μ_1 merupakan rata-rata dari data *testing*¹⁵.

Perlu diketahui bahwa untuk setiap grafik kendali multivariat CUSUM, nilai k bergantung kepada besarnya jarak μ_1 dan μ_0 . Sehingga dimungkinkan untuk meningkatkan kemampuan grafik kendali dengan pemilihan nilai k alternatif.

Peneliti menunjukkan bahwa grafik MCUSUM, MC1, dan MEWMA menunjukkan nilai ARL yang lebih pendek dibandingkan dari prosedur univariat untuk mendeteksi pergeseran rata-rata yang kecil. Pada kesempatan yang lain,

¹⁴ Ngai. H. M. and Zhang. J. A *Multivariate Cumulative Sum Based On Projection Pursuit*. *Statistica Sinica*, vol. 11. 2001. h. 754.

¹⁵ Taufiq Primananda. *Pengendalian Kualitas Produksi Mebel di PT. Majawana dengan Diagram Kontrol D^2 (Mahalanobis Distance)*. Jurnal. FMIPA-ITS Surabaya. h.3.

peneliti juga mengembangkan perluasan grafik multivariate alami dari grafik CUSUM, yaitu PPCUSUM melalui *projection pursuit*. Grafik ini terbatas untuk multivariate normal.

PPCUSUM memiliki dua keuntungan dibandingkan dengan grafik MC1 dan MEWMA yaitu pertama, PPCUSUM lebih efektif untuk mengatasi masalah inersia dengan pergeseran yang terjadi ketika proses sudah berada dalam *in-control* untuk sementara, kedua, pergeseran waktu (waktu dimana pergeseran terjadi) sering relatif mudah dideteksi dengan memplot beberapa grafik univariat CUSUM.

Andaikan kita menganggap bahwa taraf acuan/target merupakan nilai yang cukup baik untuk rata-rata μ_0 . Jelas, bila tidak ada pergeseran dalam μ_0 , maka grafik kendali CUSUM akan horizontal, dengan sedikit gerakan turun-naik di sekitar nol yang sebanding. Kecondongan yang positif menunjukkan kenaikan dari rata-rata di atas taraf acuan, sedangkan kecondongan yang negative menunjukkan suatu penurunan.¹⁶

Misalkan karakteristik kualitas- p dari proses, dilambangkan dengan X , yang berdistribusi normal, mempunyai mean μ dan matriks kovarian Σ_0 ketika proses *in-control*. Tujuan dari grafik kendali multivariate adalah untuk mendeteksi pergeseran proses mean dari μ_0 dengan mengambil sampel berturut-turut ukuran n dari proses.

¹⁶ Ronald E. Walpole & Raymond H. Myers. *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan*. (Bandung: Penerbit ITB, 1995), h. 755.

Untuk mengestimasi μ digunakan rumus:

$$\bar{x}_{jk} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ijk} \quad (2.8)$$

$$\mu_0 = \bar{x}_j = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \bar{x}_{jk} \quad (2.9)$$

dan untuk mengestimasi matriks kovarian Σ_0

$$\bar{s}_j^2 = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \left(\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ijk} - \bar{x}_{jk})^2 \right) \quad (2.10)$$

$$\bar{s}_{jh} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \left(\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ijk} - \bar{x}_{jk})(x_{ihk} - \bar{x}_{hk}) \right); j \neq h \quad (2.11)$$

dimana:

\bar{x}_{jk} = rata-rata dari karakteristik kualitas ke- j sampel ke- k (tiap subgroup)

x_{ijk} = observasi ke- i karakteristik kualitas ke- j sampel ke- k

n = jumlah data tiap subgroup

\bar{x}_j = rata-rata dari karakteristik ke- j atau nilai target dari peta kendali

m = jumlah subgroup

\bar{s}_j^2 = varian matriks dari kualitas ke- j

\bar{s}_{jh} = kovarian dari dua karakteristik kualitas ke- j dan kualitas ke- h

Kinerja grafik kendali multivariate sering diukur dengan panjang rata-rata run (ARL) dan standar deviasi dari panjang run (SRL). Untuk memudahkan proses pengerjaan perlu dilakukan standarisasi dengan persamaan :

$$\bar{y}_i = \sqrt{n} \left(\Sigma_0^{1/2} \right)^{-1} (\bar{x} - \mu_0) \quad (2.12)$$

dimana,

\bar{x}_i = sampel ke- i dari ukuran n

$(\Sigma_0^{1/2})^{-1}$ = invers dari akar matriks kovarian

μ_0 = rata – rata target

Jadi \bar{y}_i independent dan berdistribusi normal dengan mean 0 dan matrik kovarians $I_{p \times p}$ selama proses *in-control*. Misalkan μ menjadi mean dari X ketika prosesnya *out-control*. Maka artinya \bar{y}_i akan menjadi

$$\bar{y}_i = \sqrt{n} \left(\Sigma_0^{1/2} \right)^{-1} (\mu - \mu_0) \quad (2.13)$$

dimana,

μ = sampel ke- i dari ukuran n yang *out of control*

$(\Sigma_0^{1/2})^{-1}$ = invers dari akar matriks kovarian

μ_0 = rata – rata target

Untuk lebih simpelnya, kita asumsikan bawah matrik kovarians dari \bar{y}_i tetap $I_{p \times p}$ ketika proses *out-control*. Untuk selanjutnya $\| \cdot \|$ istilah untuk normal Euclidean dari sebuah vector. Jika k menjadi nilai referensi dari grafik CUSUM sehubungan dengan versi \bar{y}_i . Untuk vektor a dengan $\|a\| = 1$, statistic CUSUM mendefinisikan:

$$C_0^a = 0, C_i^a = \max\{0, C_{i-1}^a + a^T \bar{y}_i - k\}, 1 \leq i < +\infty.$$

Untuk setiap i , biarkan

$$C_{ij} = \|\bar{y}_i + \bar{y}_{i+1} + \dots + \bar{y}_j\| - (i - j + 1)k \quad (2.14)$$

$$= \sqrt{n} \left\{ (\bar{x}_i - \mu_0 + \dots + \bar{x}_j - \mu_0)^T \Sigma_0^{-1} (\bar{x}_i - \mu_0 + \dots + \bar{x}_j - \mu_0) \right\}^{\frac{1}{2}} - (i - j + 1)k ; 1 \leq j \leq i$$

$$C_i = \max\{0, C_{ii}, \dots, C_{i1}\}$$

selanjutnya dapat dianggap $\max_{\|a\|=1} C_i^a = C_i$, dimana $i = 1, 2, \dots$ hal ini membuat kalkulasi dari $\max_{\|a\|=1} C_i^a$ menjadi sederhana¹⁷.

Tanda bahwa pergerakan proses *out-of-control* terjadi segera pada saat $\max_{\|a\|=1} C_i^a > h$. h adalah batas kendali dari grafik kendali PPCUSUM. Untuk setiap i , $C_i^a = \max\{0, a^T \bar{y}_i - k, a^T (\bar{y}_{i-1} + \bar{y}_i) - 2k, \dots, a^T (\bar{y}_1 + \dots + \bar{y}_i) - ik\}$ oleh induksi. Maka, jelas bahwa untuk setiap i dan $0 \leq j \leq i - 1$,

$$\begin{aligned} \max_{\|a\|=1} C_i^a &\geq \max_{\|a\|=1} \{a^T (\bar{y}_{i-j} + \dots + \bar{y}_i) - (j + 1)k\}, \\ &= \|\bar{y}_{i-j} + \dots + \bar{y}_i\| - (j + 1)k \text{ yang menyiratkan } \max_{\|a\|=1} C_i^a \geq C_i. \end{aligned}$$

Umumnya, prosedur operasional grafik kendali PPCUSUM terdiri dari tiga langkah, yaitu:

1. Mengestimasi μ_0 dan Σ_0 dari data lampau. Kalkulasi $\Sigma_0^{-1/2}$
2. Menetapkan ARL in-control, pergeseran yang out-of-control dari tujuan, dan parameter k .
3. Transformasi rata-rata \bar{x}_i sampel ke- i menggunakan $\bar{y}_i = \sqrt{n} \Sigma_0^{-1/2} (\bar{x}_i - \mu_0)$; kalkulasi C_i dan t_i untuk setiap i . Kemudian, plot C_i dengan i dan cek pada plot, titik mana yang berada diluar batas $[0, h]$. Jika titik jatuh diluar batas, maka dikatakan sebagai signal *out-of-control*.

¹⁷ Ngai. H. M. and Zhang. J. A *Multivariate Cumulative Sum Based On Projection Pursuit*. *Statistica Sinica*, vol. 11. 2001. h. 744-766.

Setelah mengetahui ada titik yang jatuh diluar batas, maka perlu dilakukan interpretasi guna mengetahui awal mula pergeseran proses terjadi pada titik keberapa. Dengan berasumsi bahwa suatu titik yang jatuh diluar batas kendali pasti ada titik mulanya, pada interpretasi ini kita menggunakan metode projection pursuit. Interpretasi terhadap sinyal yang menyatakan bahwa proses berada di luar

kendali tersebut dengan : $\begin{cases} S_0 = 0 \\ S_i = \sum_{j=1}^i \bar{y}_j \text{ untuk } i = 1, 2, \dots \end{cases}$

maka

$$C_i = \max\{0, \|S_i - S_{i-1}\| - k, \|S_i - S_{i-2}\| - 2k, \dots, \|S_i - S_0\| - ik\} \quad (2.15)$$

Ini menandakan ketika sinyal dari proses yang *out of control* terjadi pada grafik kendali PPCUSUM ketika periode waktu i_o^{th} maka pada saat yang sama pada grafik kendali yang kedua akan terdapat periode waktu i_1 sehingga :

$$C_i = \|S_{i0} - S_{i1}\| - (i_0 - i_1)k = \max_{\|a\|=1} C_{i0}^a \geq h, \quad i_0 \geq i_1 \quad (2.16)$$

Dalam menentukan arah dari pergeseran proses yang telah terjadi dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\hat{a}_0 = \frac{(S_{i0} - S_{i1})}{\|S_{i0} - S_{i1}\|} \quad (2.17)$$

Dalam menentukan kapan pergeseran proses mulai terjadi dapat menggunakan metode yang sudah ada pada grafik kendali univariat CUSUM dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{waktu proses mulai bergeser} = i_n + 1 \quad (2.18)$$

D. Jenis Produksi Semen PT. Semen Tonasa

Proses produksi perseroan bermula dari kegiatan penambangan tanah liat dan batu kapur di kawasan tambang tanah liat dan pegunungan batu kapur sekitar pabrik hingga pengantongan semen zak di unit pengantongan semen. Proses produksi perseroan secara terus menerus dipantau oleh satuan Quality Control guna menjamin kualitas produksi.

Semen Portland Tipe I (OPC) adalah semen hidrolis yang dibuat dengan menggiling terak dan gipsum. Semen Portland Tipe I produksi perseroan memenuhi persyaratan SNI 15-2049-2004 Jenis I dan ASTM C150-2004 Tipe I. Semen jenis ini digunakan untuk bangunan umum dengan kekuatan tekanan yang tinggi (tidak memerlukan persyaratan khusus), seperti bangunan bertingkat tinggi, perumahan, jembatan dan jalan raya, landasan bandar udara, beton pratekan, bendungan/saluran irigasi, elemen bangunan seperti genteng, hollow, brick/batako, paving block, buis beton, roster dan lain-lain.

Berdasarkan SNI 15-2049-2004, persyaratan kimia semen portland harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

Tabel 2.1 Syarat Kimia Utama

satuan dalam %

No	Uraian	Jenis Semen Portland				
		I	II	III	IV	V
1	SiO ₂ , minimum	-	20,0 ^{b,c)}	-	-	-
2	Al ₂ O ₃ , maksimum	-	6,0	-	-	-
3	Fe ₂ O ₃ , maksimum	-	6,0 ^{b,c)}	-	6,5	-
4	MgO, maksimum	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0

5	SO ₃ , maksimum					
	Jika C ₃ A ≤ 8,0	3,0	3,0	3,5	2,3	2,3
	Jika C ₃ A > 8,0	3,5	d)	4,5	d)	d)
6	Hilang pijar, maksimum	5,0	3,0	3,0	2,5	3,0
7	Bagian tak larut, maksimum	3,0	1,5	1,5	1,5	1,5
8	C ₃ S, maksimum ^{a)}	-	-	-	35 ^{b)}	-
9	C ₂ S, minimum ^{a)}	-	-	-	40 ^{b)}	-
10	C ₃ A, maksimum ^{a)}	-	8,0	15	7 ^{b)}	5 ^{b)}
11	C ₃ AF + 2 C ₃ A atau ^{a)} C ₄ AF + C ₂ F, maksimum	-	-	-	-	25 ^{c)}

CATATAN:

^{a)} Persyaratan pembatasan secara kimia berdasarkan perhitungan untuk senyawa potensial tertentu tidak harus diartikan bahwa oksida dari senyawa potensial tersebut dalam keadaan murni.

C = CaO, S = SiO₂, A = Al₂O₃, F = Fe₂O₃, Contoh C₃A = 3CaO.Al₂O₃

Titanium dioksida (TiO₂) dan Fosfor pentaoksida (P₂O₅) termasuk dalam Al₂O₃

Nilai yang biasa digunakan untuk Al₂O₃ dalam menghitung senyawa potensial (misal: C₃A) untuk tujuan spesifikasi adalah jumlah endapan yang diperoleh dengan penambahan NH₄OH dikurangi jumlah Fe₂O₃ (R₂O₃ - Fe₂O₃) yang diperoleh dalam analisis kimia basah.

Apabila : $\frac{\% \text{Al}_2\text{O}_3}{\% \text{Fe}_2\text{O}_3} \geq 0,64$, maka C₃S, C₂S, C₃A dan C₄AF dihitung sebagai berikut:

$$\text{C}_3\text{S} = 3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 = (4,071 \times \% \text{CaO}) - (7,600 \times \% \text{SiO}_2) - (6,718 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) - (1,430 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3) - (2,852 \times \% \text{SO}_3)$$

$$\text{C}_2\text{S} = 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 = (2,867 \times \% \text{SiO}_2) - (0,7544 \times \% \text{C}_3\text{S})$$

$$\text{C}_3\text{A} = 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 = (2,650 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) - (1,692 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3)$$

$$\text{C}_4\text{AF} = 4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 = (3,043 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3)$$

Apabila : $\frac{\% \text{Al}_2\text{O}_3}{\% \text{Fe}_2\text{O}_3} < 0,64$, terbentuk larutan padat (C₄AF + C₂F) dan C₃S dihitung sebagai berikut:

Semen dengan komposisi ini didalamnya tidak terdapat C₃A.

C₂S tetap dihitung dengan menggunakan rumus di atas: perhitungan untuk semua senyawa potensial adalah berdasarkan hasil penentuan oksidanya

- yang dihitung sampai sedekat mungkin 0,1 %. Semua hasil perhitungan dilaporkan sampai sedekat mungkin dengan 1,0 %.
- b) Apabila yang disyaratkan adalah kalor hidrasi seperti yang tercantum pada tabel syarat fisika tambahan (tabel 4), maka syarat kimia ini tidak berlaku
 - c) Apabila yang disyaratkan adalah pemuain karena sulfat yang tercantum pada tabel syarat fisika tambahan (tabel 4), maka syarat kimia ini tidak berlaku.
 - d) Tidak dapat dipergunakan

Tabel 2.2 Syarat Kimia Tambahan ^{a)}

satuan dalam %

No	Uraian	Jenis Semen Portland				
		I	II	III	IV	V
1	C ₃ S, maksimum	-	-	8	-	-
2	C ₂ S, minimum	-	-	5	-	-
3	(C ₃ S + 2 C ₃ A), maksimum	-	58 ^{b)}	-	-	-
4	Alkali, sebagai (Na ₂ O + 0,658 K ₂ O), maksimum	0,60 ^{c)}	0,60 ^{c)}	0,60 ^{c)}	0,60 ^{c)}	0,60 ^{c)}

CATATAN:

a) Syarat kimi tambahan ini berlaku hanya secara khusus disyaratkan.

b) Sama dengan keterangan untuk ^{b)} pada syarat kimia utama.

c) Hanya berlaku bila semen digunakan dalam beton yang agregatnya bersifat reaktif terhadap alkali.

Berdasarkan SNI 15-2049-2004, persyaratan fisika semen portland harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

Tabel 2.3 Syarat Fisika Utama

No	Uraian	Jenis Semen Portland				
		I	II	III	IV	V
1	Kehalusan:					
	Uji permeabilitas udara, m ² /kg					
	Dengan alat:					
	Turbidimeter, min	160	160	160	160	160
	Blaine, min	280	280	280	280	280
2	Kekekalan:					
	Pemuaian dengan autoclave, maks %	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
3	Kuat tekan:					
	Umur 1 hari, kg/cm ² , minimum	-	-	120	-	-
	Umur 3 hari, kg/cm ² , minimum	125	100	240	-	80
	Umur 7 hari, kg/cm ² , minimum	200	70 ^{a)} 175	-	70	150
	Umur 28 hari, kg/cm ² , minimum	280	120 ^{a)} -	-	170	210
4	Waktu pengikatan (metode alternative) dengan alat:					
	Gillmore:					
	- Awal, menit, minimal	60	60	60	60	60

- Akhir, menit, maksimum	600	600	600	600	600
Vicat:					
- Awal, menit, minimal	45	45	45	45	45
- Akhir, menit, maksimum	375	375	375	375	375
CATATAN: ^{a)} Syarat kuat tekan ini berlaku jika syarat kalor hidrasi seperti tercantum pada tabel syarat fisika tambahan (tabel 4) atau jika syarat $C_3S + C_3A$ seperti tercantum pada tabel syarat kimia tambahan disyaratkan (tabel 2).					

Tabel 2.4 Syarat Fisika Tambahan ^{a)}

No	Uraian	Jenis Semen Portland				
		I	II	III	IV	V
1	Pengikatan semu penetrasi akhir, % minimum	50	50	50	50	50
2	Kalor hidrasi Umur 7 hari, kal/gram, maks Umur 28 hari, kal/gram, maks					
3	Kuat tekan: Umur 28 hari, kg/cm^2 , minimum					
4	Kandungan udara mortar, % volume, maksimum					

Semen Portland Komposit (PCC) adalah bahan peningkat hidrolis hasil penggilingan bersama terak semen Portland dan gipsum dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran bubuk semen Portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Semen Portland Komposit produksi PT Semen Tonasa

memenuhi persyaratan SNI 15-7064-2004. Kegunaan semen jenis ini diperuntukkan untuk konstruksi beton umum, pasangan batu bata, plesteran dan acian, selokan, jalan, pagar dinding, pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pra cetak, beton pra tekan, panel beton, bata beton (paving block) dan sebagainya.

Semen Portland Pozzolan (PPC) adalah semen hidrolis yang terdiri dari campuran homogen antara semen Portland dan pozzolan halus, yang diproduksi dengan menggiling klinker semen Portland dan pozzolan bersama-sama atau mencampur secara rata bubuk Semen Portland dan pozzolan atau gabungan antara menggiling dan mencampur, dimana kadar pozzolan 15-40 % massa Semen Portland Pozzolan. Semen jenis ini ideal untuk bangunan bertingkat (2-3 lantai), konstruksi beton umum, konstruksi beton massa seperti pondasi plat penuh dan bendungan, konstruksi bangunan di daerah pantai, tanah berair (rawa) dan bangunan di lingkungan garam sulfat yang agresif, serta konstruksi bangunan yang memerlukan kedap air tinggi seperti bangunan sanitasi, bangunan perairan, dan penampungan air.

E. Proses Pembuatan Semen

Proses pembuatan semen di PT. Semen Tonasa secara garis besar dibagi menjadi 5 tahap yaitu, (1) proses penyediaan bahan baku, (2) proses penggilingan bahan baku (*Raw Mill*), (3) proses pembakaran raw meal menjadi klinker (*Kiln*), (4) proses pendinginan, (5) penggilingan batu bara, (6) proses di cement mill, dan (7) proses pengantongan semen.

1. Proses Penyediaan Bahan Baku

Proses penyediaan bahan baku meliputi penambangan batu kapur, tanah liat, dan pasir silika.

a. Penambangan Batu Kapur

Sebelum melakukan kegiatan penambangan, yang harus dilakukan terlebih dahulu adalah perintisan lokasi. Perintisan adalah pekerjaan pendahuluan yang sebelum daerah tambang memproduksi batu kapur secara berlanjut, tujuannya yaitu untuk membuat jalan rintisan sehingga alat-alat berat yang diperlukan dapat dengan mudah tiba di lokasi penambangan dan siap untuk memproduksi pada proses berikutnya. Kegiatan penambangan untuk menyiapkan bahan mentah ini meliputi pengeboran, peledakan, dan pengangkutan.

b. Penambangan Tanah Liat

Sebelum melakukan penambangan tanah liat terlebih dahulu dilakukan tahap perintisan dengan alat *bulldozer* untuk membersihkan vegetasi yang ada. Setelah itu, tanah liat digerus dengan alat muat *back hoe* dan kemudian dimasukkan dalam drum truck kemudian diangkut ke *clay crusher* yaitu dua buah silinder untuk proses pemecahan. Proses pemecahan tanah liat dilakukan dengan *roller crusher* yaitu dua buah silinder yang berputar cepat dan arah putarannya yang berlawanan, hal ini dilakukan untuk memecah batuan yang tercampur dengan tanah liat dengan menggunakan *roll crusher primer* dan *roll crusher sekunder* selanjutnya diangkut dengan *belt conveyor* menuju *clay storage*. Pengambilan tanah liat didasarkan pada kadar SiO_2 , kualitas tanah liat yang diambil dan kadar air.

c. Penambangan Pasir Silika

Pasir silika sebagai bahan pembantu untuk mengoreksi komposisi kimia tanah liat selain didapatkan pada kandungan tanah liat juga diambil dari deposit yang terdapat di Sulawesi Selatan, karena pasir silika sudah halus sehingga tidak mengalami perlakuan awal sebelum masuk ke gudang.

2. Proses Penggilingan Bahan Baku (*Raw Mill*)

Proses penggilingan bahan baku di dalam *raw mill* bertujuan untuk memproduksi tepung/bubuk bahan baku dengan kualitas yang dibutuhkan untuk umpan tanur putar dengan ukuran yang diinginkan karena semakin kecil ukuran material maka luas permukaan relative besar sehingga pencampuran bahan lebih homogen dan mempermudah reaksi dalam pembakaran.

Adapun proses yang terjadi dalam *raw mill* sebagai berikut :

a. Penyiapan Bahan Baku

Batu kapur yang berasal dari gudang dikeruk oleh *portal scrapper* dan dinaikkan kedalam *belt conveyor* dan kemudian diangkut kedalam *bin*. Tanah liat yang dari gudang diambil dengan *bucket chain excavator* dan diangkut dengan *belt conveyor* masuk kedalam *hopper* tanah liat. Sedangkan pasir silika diangkut dari gudang dengan *belt conveyor* ke *bucket elevator* kemudian masuk kedalam bin pasir silika.

b. Penggilingan Bahan Baku

Di Pabrik Semen Tonasa V menggunakan *vertical raw mill*. Bahan baku dari bin masing-masing kemudian dikeluarkan dengan *weight feeder* dan

disatukan dalam *belt conveyor* dan diumpankan kedalam *mill*. Bahan baku dari *mill* akan jatuh kedalam *table* (media penggilingan) dan kemudian giling atau digerus oleh *roller*. Tujuan dari penggilingan ini selain menghaluskan juga sebagai pengering. Gas panas yang digunakan ialah gas panas dari hasil pembuangan dari *kiln*. Serbuk yang dihasilkan selanjutnya dihisap oleh *mill fan* menuju separator. Separator ini berfungsi untuk memisahkan material halus dan kasar, material halus akan lolos sedangkan material kasar akan jatuh kembali kedalam media penggilingan. Kecepatan separator mempengaruhi kehalusan material yang lolos.

Material halus yang lolos melewati separator selanjutnya menuju ke *cyclone*. Didalam *cyclone* terjadi pemisahan awal antara material produk dengan gas panas. Pada bawah bagian *cyclone* terdapat *flow gate* yang mengatur material jatuh kedalam *air slide*. Kemudian dengan alat transport *air slide* produk diangkut menuju *bucket elevator* untuk selanjutnya diangkut lagi dengan *air slide* menuju silo penampungan *raw meal*.

c. Penyimpanan Raw Meal

Raw meal hasil penggilingan yang masuk ke silo membentuk lapisan-lapisan dengan ketinggian tertentu. Dibuat dalam tumpukan yang berlapis agar mempunyai komposisi yang seragam, tetapi pada kenyataannya komposisi keluaran silo belum seragam. Ketidakteraturan ini ditimbulkan oleh fluktuasi produk *raw meal*. Untuk menekan deviasi fluktuasi maka turunnya material di *silo raw meal* diatur sedemikian rupa melalui *gate-gate* yang beroperasi bergantian sehingga material dalam silo membentuk lapisan-lapisan. Pada saat pencurahan ini terjadi pusar arus material yang menarik material antar lapisan. Sehingga

material yang masuk kedalam *raw meal silo* sudah mengalami homogenisasi. Untuk menjaga agar tidak terjadi penggumpalan pada silo raw meal, maka ditiupka udara aerasi kedalam silo tersebut.

Tujuan homogenisasi dalam *raw mill* adalah untuk mengurangi fluktuasi komposisi kimia dan fisika dari salah satu komponen bahan baku atau campuran. Prahomogenisasi sebelum bahan baku digiling, digunakan *reclaiming scraper* pada waktu pengambilan bahan baku. Keuntungan dari *reclaimer scaper* sebagai berikut, daya yang digunakan lebih kecil, dapat menangani material basah, dan biaya perawatan relatif rendah.

Sedangkan untuk *raw mill* digunakan cara *pneumatic homogenation*. Adapun kesulitan dalam pengoperasian yang terjadi jika *raw meal* tidak homogen, antara lain: terbentuknya *ring coating*, kebutuhan bahan bakar besar, umur batu tahan api lebih pendek, menurunkan hasil produksi, menyulitkan penggilingan klinker, dan hasil semen yang dihasilkan bervariasi.

3. Proses Pembentukan Klinker

a. Proses Pemanasan Awal (*Preheater*)

Pemanasan *raw meal* dilakukan di *preheater cyclone* 4 tingkat sebagai pemanas digunakan gas dari *rotary kiln*. Aliran material dari *silo raw meal* dibawa oleh *belt conveyor* masuk kedalam puncak *preheater* sedangkan gas panas masuk ke *cyclone* paling bawah berlawanan arah dengan arah aliran material masuk. Aliran gas masuk dimungkinkan karena adanya isapan *fan* sedangkan material bergerak karena gaya gravitasi. *Feed* masuk dari bagian atas, saat itu juga umpan

terbawa aliran gas panas masuk ke *cyclon* dan *dust* maka umpan tanur dan gas akan berputar pada bagian dalam *cyclone*. Dengan adanya gaya sentrifugal maka umpan akan terpisahkan.

b. Proses Pembakaran pada Kiln

Raw meal yang siap dibakar di *rotary kiln* bila proses yang terjadi *preheater* berjalan dengan baik, jika tidak terjadi flushing dan coating selama proses berlangsung. *Rotary kiln* yang digunakan berupa silinder sepanjang 86 meter yang terbuat dari baja yang bagian dalamnya dilapisi dengan batu tahan api. Batu tahan api ini berfungsi untuk mengurangi kehilangan panas akibat radiasi dan konduksi, selain itu batu tahan api juga berfungsi melindungi silinder dari panas karena pembakaran di dalam kiln berlangsung pada suhu yang sangat tinggi. Secara berkala batu tahan api akan diperiksa apakah masih layak untuk dipakai. Batu tahan api ini dipasang berdasarkan suhu, tahapan pembakaran dan reaksi kimia yang terjadi di dalam kiln. Atas dasar tersebut, maka penempatan lapisan dan jenis refraktori pada masing-masing proses adalah :

1) Zona preheating

- a) Rendah alumina (<35% Al_2O_3)
- b) Batu yang digunakan adalah *lightweight firebricks* untuk isolasi panas yang baik.

2) Zona kalisnasi

- a) Batu tahan api yang digunakan adalah *fireclay bricks*, mengandung 45% Al_2O_3 dan dipergunakan pada suhu 1200°C .

- b) *Acid fireclay bricks/light weight*, digunakan untuk proses yang mengandung banyak alkali.

3) *Zona transisi*

Pada zona ini digunakan refraktori yang tahan terhadap perubahan suhu dan porositas rendah sehingga tahan terhadap infiltrasi garam. Pada zona ini biasanya digunakan refraktori dengan kandungan alumina tinggi (50-60%).

4) *Zona sintering*

- a) Di zona ini refraktori harus tahan terhadap bahan kimia.
- b) Mengandung magnesita-spinel atau dolomite.

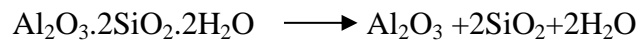
5) *Zona pendinginan*

Digunakan refraktori dengan kadar alumina yang lebih tinggi, bisa mencapai 80%.

Kiln feed yang diumpankan berlawanan arah dengan aliran gas panas. Pemanas yang digunakan berasal dari *gun burner* dan udara panas dari *cooler*. Begitu batu bara dan O₂ dari udara masuk maka batu bara akan langsung terbakar dan berkontak dengan material yang masuk ke *kiln*. Didalam kiln terbagi beberapa tahapan antara lain: tahapan pengeringan, tahapan penguapan air kristal, proses penguapan air kristal, proses penguraian kalsium dan magnesium karbonat dan pembentukan penyusun utama klinker.

Didalam kiln terjadi reaksi kimia, tahapan-tahapan reaksi yang terjadi dikiln adalah sebagai berikut: (Data dari ruang kontrol)

1. Dibawah temperature 200°C terjadi penguapan air.
2. Temperatur 400-700°C terjadi penguapan air kristal



3. Temperatur 600-700° C terjadi dekomposisi kaolin
4. Temperatur 600-1000° C terjadi dekomposisi *limestone* membentuk C2S dan C3A.



5. Temperatur 800-1300°C C2S dan C3A yang terbentuk akan bereaksi dengan CaO membentuk C4AF.
6. Temperatur 1250-1450°C pembentukan C3S



Pembentukan C3S akan terganggu bila temperature pembakaran tidak cukup tinggi. Bila hal ini terjadi maka akan timbul free lime (CaO bebas). Sebab – sebab timbulnya *free lime* dalam klinker sebagai berikut :

1. Kadar CaO di *raw meal* terlalu berlebihan.
2. Reaksi klinkerisasi tidak berlangsung sempurna karena temperatur rendah.
3. Ukuran *raw meal* terlalu besar.

Jadi material yang keluar dari kiln terdiri dari:

1. C2S yang akan memberikan kuat tekan awal sebelum penambahan air.
2. C3S yang memberikan kuat tekan akhir setelah dicampur air selama 28 hari.
3. C3A dan C4AF yang merupakan mineral potensial klinker.

Beberapa senyawa yang dapat menimbulkan gangguan-gangguan atau kesulitan dalam pembakaran terak, antara lain senyawa alkali, belerang, dan klorida.

a. Alkali

Sebagian besar senyawa alkali berasal dari bahan baku tanah liat ataupun dari bahan bakar, khususnya batu bara. Pada suhu sekitar 800-1000°C, senyawa-senyawa alkali dalam *raw mix* yang masuk kedalam tanur putar mulai menguap. Uap alkali ini akan bereaksi dengan gas-gas SO₃ (baik dari bahan baku maupun bahan bakar). CO₂ dan klorida membentuk senyawa-senyawa alkali sulfat (Na₂SO₃.K₂SO₄), alkali karbonat (Na₂CO₃ dan K₂CO₃) dan alkali klorida (NaCl dan KCl). Tetapi pada suhu dibawah 700°C sebagian besar garam-garam alkali yang terbentuk akan mengembun dan cairannya akan menempel pada butir-butir umpan tanur membentuk bahan yang bersifat *stikcly* (terutama alkali sulfat dan klorida).

Bahan-bahan yang *sticky* dapat menempel pada dinding *preheater*, sebagian turut terbawa debu meninggalkan *preheater* dan sebagian lagi terbawa kedalam tanur putar. Jika senyawa-senyawa alkali (khususnya alkali sulfat dan klorida) jumlahnya sudah cukup banyak, maka senyawa-senyawa ini dapat membentuk *coating* yang dapat menyebabkan buntunya *preheater*. Agar *preheater* tidak buntu, maka jumlah alkali dalam pembakaran harus dikurangi. Pengurangan dapat dilakukan dengan jalan mengeluarkan sebagian gas pembakaran dari tanur putar tanpa melalui *preheater*, tetapi melalui saluran khusus (*by-pass*).

b. Belerang

Seperti halnya alkali, senyawa–senyawa belerang kebanyakan berasal dari bahan baku tanah liat ataupun bahan bakar yang digunakan. Dalam bahan baku senyawa belerang umumnya berupa senyawa pirit dan martkasit (FeS_2) dengan kadar sekitar 0,1 % dinyatakan sebagai SiO_3 . Bahan bakar sendiri khususnya minyak bunker-C mengandung senyawa belerang dalam bentuk senyawa mersaptan (RSH), tiopen ($\text{C}_4\text{H}_4\text{S}$), dan lain-lain dengan kadar antara 0,0–3,5 % dinyatakan sebagai SO_3 . Jika jumlah SO_3 cukup banyak, maka kelebihan gas SO_3 akan bereaksi dengan kalsium karbonat (CaCO_3) umpan tanur di *preheater* membentuk senyawa CaSO_4 . Senyawa ini masuk kedalam tanur bersama umpan lainnya, dan sesampainya di *burning-zone* sebagian akan terurai menjadi:



SO_3 yang terbentuk akan meningkatkan sirkulasi belerang. Sebagian CaSO_4 akan terbawa keluar bersama terak. Anhidrit CaSO_4 daya larutnya lebih kecil dibandingkan dengan daya larut gypsum, sehingga tidak dapat berfungsi sebagai pengatur waktu pengikat semen.

Selain itu, adanya anhidrit CaSO_4 menyebabkan jumlah gypsum yang dapat ditambahkan pada penggilingan terak menjadi berkurang. Persyaratan kadar maksimum SO_3 total bukan berasal dari gypsum saja. Lebih dari setengah jumlah belerang yang masuk kedalam proses, keluar bersama terak dengan kadar 0,1 – 0,5% dinyatakan sebagai SO_3 .

c. Klorida

Kadar senyawa klorida dalam umpan tanur bervariasi, antara 0,01 – 0,10% sedangkan dalam debu bahan bakar batu bara berkisar 0,4 %. Seperti telah dijelaskan diatas, senyawa klorida bereaksi dengan senyawa alkali klorida. Senyawa ini keluar dari tanur bersama gas hasil pembakaran dan kemudian mengembun di *preheater*. Embun alkali klorida bersama umpan tanur masuk kembali kedalam tanur, dan sesampainya di *burning-zone* hampir seluruhnya teruapkan. Karena pengembunan alkali klorida di *preheater* cukup sempurna, maka senyawa ini selalu bersirkulasi (naik–turun) antara *burning-zone* dan *preheater* dengan jumlah yang makin lama makin banyak. *Coating* yang terbentuk di *preheater* makin lama makin banyak. Untuk mencegah hal ini sebagian gas tanur (10 – 25 %) di *by-pass*, tidak melalui *preheater*. Sistem *by-pass* baru diperlukan bila kadar senyawa klorida dalam *raw mix* melebihi 0,015%. *Coating* adalah massa padat yang terbentuk dan menempel/melengket pada suatu permukaan bahan atau alat karena adanya gaya tarik menarik (adhesi) antara massa dengan bahan atau alat.

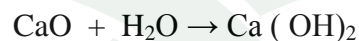
d. Kapur bebas (*freelime*)

Kapur bebas yang terdapat dalam terak atau semen adalah CaO yang tidak bersenyawa atau berikatan dengan oksida-oksida lainnya seperti SiO₂, Al₂O₃, dan Fe₂O₃. Adanya kapur bebas dalam suatu semen dapat disebabkan oleh 2 hal, yaitu:

- 1) Jumlah kapur yang digunakan berlebihan dibandingkan dengan kebutuhan untuk bereaksi dengan SiO₂, Al₂O₃ dan Fe₂O₃.

- 2) Reaksi yang berlangsung dalam tanur putar kurang sempurna. Walaupun CaO sesuai kebutuhan, tetapi tidak dapat bersenyawa dengan oksida-oksida SiO_2 , Al_2O_3 dan Fe_2O_3 .

Seperti telah diketahui, proses pembakaran dalam tanur putar berlangsung pada suhu yang lebih tinggi dari suhu disosiasi CaCO_3 (896°C), lalu CaO hasil disosiasi dibakar keras (*hardburnt*). Disamping itu CaO mengkristal dan tercampur bersama kristal-kristal mineral lainnya (*intercrystalised*). Kedua kejadian ini (*hardburnt* dan *interkristallised*) menyebabkan CaO yang dihasilkan lambat bereaksi dengan air. Pada waktu semen digunakan, selain reaksi hidrasi senyawa-senyawa mineral potensial juga terjadi hidrasi CaO bebas :



Reaksi hidrasi ini berlangsung lambat sekali, dan baru selesai pada waktu pengikatan akhir semen sudah terlampaui. Padahal $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang terbentuk mempunyai volume lebih besar dari CaO. Pertambahan volume ini (ekspansi) terjadi pada saat semen sudah tidak plastis lagi. Akibatnya timbul keretakan-keretakan yang dapat merendahkan mutu semen. Kadar *freelime* maksimum 2,5%.

e. Magnesium Oksida, MgO (periclase)

Dalam tanur putar magnesium karbonat, MgCO_3 yang terdapat dalam umpan akan terdisosiasi menurut reaksi :



MgO yang terbentuk tidak bereaksi dengan oksida-oksida utama seperti SiO_2 , Al_2O_3 dan Fe_2O_3 . Sebagian akan terlarut dalam mineral-mineral potensial terak, sedangkan sebagian lagi membentuk kristal periclase. Seperti halnya CaO

bebas periclase yang terkena hard-burnt. Akibatnya reaksi periclase pada saat semua dipakai berjalan sangat lambat, dan pada suhu kamar akan berlangsung terus dalam jangka waktu pertahun. Pertambahan volume akibat terbentuknya $\text{Mg}(\text{OH})_2$ seperti halnya $\text{Ca}(\text{OH})_2$ akan menyebabkan timbulnya keretakan-keretakan (craking) pada semen yang digunakan.

4. Proses Pendinginan

Klinker yang keluar dari kiln bersuhu tinggi, oleh karena itu harus didinginkan terlebih dahulu sebelum diumpan ke dalam finish mill karena klinker yang panas sulit untuk ditransformasikan dan dapat merusak karpet conveyor, selain itu klinker yang panas mempunyai pengaruh yang kurang baik terhadap proses penggilingan. Penggilingan klinker diakomodasi oleh udara yang masuk secara berlawanan arah dengan klinker, temperature klinker masuk 1400°C dan keluar pada $200\text{--}300^\circ\text{C}$. Pendinginan klinker dilakukan oleh planetary cooler sebanyak 10 buah tabung yang dipasang melingkar pada ujung kiln yang terbuat dari plate setebal 8 meter yang dilapisi oleh batu tahan api. Kemudian klinker masuk ke silo pada suhu sekitar 150°C . Adapun tujuan dari proses pendinginan antara lain:

- a. Klinker yang panas akan memberikan pengaruh negatif pada proses penggilingan selanjutnya.
- b. Memudahkan pengangkutan klinker.
- c. Efek dari gypsum yang ditambahkan akan hilang jika temperatur klinker terlalu tinggi.

- d. Udara yang dipakai sebagai pendingin dapat dimanfaatkan kembali sebagai udara panas untuk pengeringan sehingga menurunkan biaya produksi.
- e. Pendinginan yang cepat (*quenching*) akan meningkatkan kualitas semen yaitu dengan mencegah terurainya C3S menjadi C2S.

5. Penggilingan Batu Bara (*Coal Mill*)

Batu bara merupakan bahan bakar padat yang banyak digunakan pada industri semen. Hal ini disebabkan karena:

- a. Pertimbangan internal
 - 1) Perubahan peralatan dengan menggunakan batu bara dari minyak tidak terlalu mahal
 - 2) Sebagian batu bara yang terbakar dapat menjadi abu yang dapat ikut menjadi semen sehingga menambah produk
 - 3) Harga batu bara relatif lebih murah dari bahan bakar minyak
- b. Pertimbangan eksternal

Cadangan batu bara masih cukup untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Batu bara yang dipakai dalam operasi PT. Semen Tonasa adalah batu bara yang berasal dari Kalimantan Selatan dan sebagian dari Sulawesi Selatan sendiri.

Sebelum batu bara digunakan sebagai bahan pembakar material dalam kiln, perlu dikeringkan dan digiling sampai kehalusan tertentu, disamping itu harus memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan seperti kadar air, kadar sulfur, kadar abu, nilai kalor dan sebagainya.

a. Pengolahan batu bara

Sebelum diumpankan ke dalam kiln batu bara harus dikeringkan dan digiling. Adapun tujuan pengeringan dan penggilingan antara lain:

- 1) Batu bara halus (*fine coal*) mudah dibakar
- 2) *Finecoal* mudah ditransport pada kadar air rendah
- 3) Pengurangan kadar air di batu bara berarti meningkatkan nilai kalor batu bara

Batu bara yang diangkut dengan truk ke gudang batu bara, didatangkan dari luar dalam bentuk butiran dan bongkahan. Pengisian gudang batu bara di tonasa V dilakukan dengan pengaturan *pile* menggunakan *stacker* untuk mendapatkan *pile* yang homogen. Selanjutnya *pile* digaruk dengan menggunakan *reclaimer*.

Penggilingan batu bara di Tonasa V menggunakan *vertical roller mill*. Didalam *mill* ini terjadi proses *drying during grinding* dimana gas panas yang digunakan diambil dari *exit preheater* dengan kadar oksigen dibawah 5% dan suhu sekitar 280-330⁰C. Pengendalian kebocoran udara di *coal mill* penting untuk mendapatkan produk *fine coal* yang sesuai standar.

b. Kualitas Batu bara

Kualitas batu bara berpengaruh pada proses pembakaran dalam tanur putar. Batu bara yang akan digiling, dipilih berdasarkan parameter sebagai berikut:

- 1) Nilai kalor : 5.500 – 6.500 kcal/kg
- 2) Kadar abu : 15%

- 3) *Fly ash* : 34-45%
- 4) Kadar sulfur : <2%
- 5) Kadar air : <18%
- 6) Ukuran partikel : <5cm

Batu bara hasil gilingan disyaratkan:

- 1) Kehalusan 0,09 mm sebanyak 25%
- 2) Kadar air < 10%
- 3) Suhu dijaga tidak lebih 65⁰C
- 4) Lama penyampaian maksimum 8 jam.

Proses di *coal mill* diawali dengan pengeringan batu bara. Kadar air bubuk batu bara yang diperbolehkan adalah sekitar 3-4%. *Coal mill* harus dioperasikan dengan temperatur 60-70°C. Penggilingan batu bara terjadi di *table* kemudian batu bara yang telah halus terpisah dengan batu bara yang masih kasar melalui separator. Batu bara yang halus ini selanjutnya menuju ke *mainbag filter* agar dapat dipisahkan antara debu dan gas panas. Debu batu bara yang tertangkap di *bag filter* kemudian ditransport ke *screw conveyor* dan ditampung ke *pfister* untuk selanjutnya ditembakkan ke kiln atau ke *preheater*.

6. Proses di Cement Mill

Tujuan penggilingan yaitu untuk memperbesar luas pertikel yaitu campuran antara klinker dan gypsum, sehingga senyawa kimia dalam partikel semen dapat bereaksi dengan sempurna. Disamping itu untuk mendapatkan tingkat kehalusan sesuai dengan standar SNI No. 15-2049-1994 untuk penggilingan semen mill.

Perbandingan gypsum dan klinker yang dicampurkan dalam semen mill adalah 96% untuk klinker dan 4% untuk gypsum (termasuk material campuran). Material dari *dome (clinker silo)* ditransfer menuju ke *clinker bin* dengan *pan conveyor* begitu juga dengan gypsum, *limestone* dan trass. Material-material tersebut langsung ditransfer dari gudangnya menuju masing-masing *bin*. Kemudian dari *bin* material ditransfer dengan *belt conveyor*, semua material tercampur di *belt conveyor*. Di mill, materi digiling oleh *roller* di atas *table*. Material yang sudah halus akan melewati separator, sedangkan yang masih kasar akan digiling kembali. Dimana material tersebut menuju *reject* dengan *vibrating conveyor* dan *bucket elevator*. Kemudian bercampur dengan *fresh feed* menuju mill. Produk yang halus akan ditransfer ke silo dengan *air slide* dan *bucket elevator*.

7. Proses Pengantongan

Proses pengantongan di PT. Semen Tonasa V menggunakan alat packer dengan 2 line yang berjumlah 2 unit. Jumlah semen yang dihasilkan adalah 2400 zak/jam. Semen dari silo sebagian ditransfer dari silo ke pengepakan melalui *air slide*, *bucket elevator* dan *vibrating screen* untuk dipisahkan jika ada semen yang menggumpal. Lalu ditampung di *feed bin*, pengisian semen berlangsung secara otomatis dengan bantuan impeller turbo packer dan dorongan udara dari kompresor. Kapasitas tiap bin adalah 35 ton untuk bin 564 dan 40 ton untuk bin 563.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Adapun jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian terapan (*applied research*).

B. Waktu dan Lokasi Penelitian

Adapun waktu pelaksanaan penelitian ini dimulai dari bulan Juli Tahun 2016 – Oktober Tahun 2017. Penelitian ini dilaksanakan pada PT. Semen Tonasa yang berlokasi di Desa Biringere, Kabupaten Pangkajene Kepulauan.

C. Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yaitu data pengukuran kadar tiap karakteristik semen jenis OPC mulai dari Januari 2015 sampai bulan Agustus 2016 yang bersumber dari data yang dimiliki oleh PT. Semen Tonasa.

D. Definisi Operasional Variabel

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. *Free lime* : Kadar kapur yang bebas (%)

Free Lime adalah kadar kapur bebas yang terkandung dalam semen, apabila kadar kapur bebas melebihi dari batas yang ditentukan maka

semen tidak akan kuat dan cepat rapuh. Berdasarkan SNI 15-2049-2004 komposisi limit semen *portland*, persentase kadar SO_3 dibatasi maksimal 2%.

2. SO_3 : Kadar sulfat (%)

Kadar SO_3 yang terdapat pada semen OPC yang diproduksi oleh PT Semen Tonasa jika melebihi dari batas yang ditentukan dapat menyebabkan semen akan lama mengeras. Berdasarkan SNI 15-2049-2004, komposisi limit semen *portland*, persentase kadar SO_3 dibatasi antara 1,0 % – 3,5 %.

3. CaO : Kadar Kalsium oksida (%)

Kadar kalsium oksida yang terdapat pada semen OPC yang diproduksi oleh PT Semen Tonasa merupakan komponen terbesar dalam semen yang berfungsi sebagai penyusun kekuatan semen. Berdasarkan SNI 15-2049-2004, komposisi limit semen *portland*, persentase kadar CaO dibatasi antara 60-70 %.

4. *Mesh* : Kehalusan semen diukur dengan ayakan ($m\mu$)

Kehalusan partikel semen yang banyak berperan terhadap kekuatan semen adalah ukuran sampai 45 micron.

E. Analisis Data dan Prosedur Penelitian

Analisis data dan prosedur pada penelitian ini :

1. Menentukan nilai rata-rata data
2. Menghitung matriks kovarian.

3. Menentukan nilai referensi (k) peta kendali CUSUM.
4. Menentukan nilai ARL berdasarkan nilai k
5. Menentukan batas kendali h
6. Melakukan standarisasi rata-rata sampel
7. Menghitung nilai C_i
8. Memplot grafik kendali CUSUM.
9. Menghitung data grafik kendali *out-of-control*
10. Menghitung kapan tanda data akan *out-of-control*

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Data Sampel

Proses pengambilan dan penelitian dilakukan di PT. Semen Tonasa, Desa Biringere, Kec. Bungoro, Kab. Pangkep. Dalam penelitian ini akan dijelaskan berdasarkan tahapan prosedur penelitian yang telah dijabarkan pada pembahasan sebelumnya dan data sampel yang diperoleh dari data milik PT. Semen Tonasa sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data Sampel

NOMOR	CaO	SO ₃	Free CaO	Residu 45
SAMPEL	X.1	X.2	X.3	X.4
1	69.18	1.96	1.75	19.00
2	67.18	2.03	1.69	20.00
3	70.43	1.65	1.82	22.00
4	69.43	1.59	1.75	19.00
5	69.67	1.84	1.65	18.00
.				
.				
.				
418	64.16	1.93	1.82	16.00
419	64.51	2.17	1.88	14.00

420	66.24	2.09	1.82	16.00
421	63.87	2.22	2.00	15.00

Secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 1.

2. Statistik Deskriptif

Statistik deskriptif data dapat dilihat pada Tabel 4.2 – Tabel 4.5 di bawah ini:

Tabel 4.2 Deskriptif Statistik Karakteristik CaO

	N	Minimum	Maximum	Skewness		Kurtosis	
	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error
Cao	421	62.55	79.30	.909	.119	1.471	.237
Valid N (listwise)	421						

	N	Sum	Mean	Std. Deviation	Variance
Cao	421	28489.65	67.6714	2.70886	7.338
Valid N (listwise)	421				

Pada Tabel 4.2 di atas menunjukkan jumlah pengukuran (N) = 421 sampel, nilai minimum (Minimum), nilai maksimum (Maximum), total nilai data (Sum), nilai rata-rata variabel (Mean), standar deviasi (Std. Deviation), nilai varians (Variance), *Skewness* dan *Kurtosis*. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa, *Skewness* bernilai positif maknanya distribusi data “miring ke kiri dari distribusi normal” artinya ada frekuensi nilai yang tinggi di sebelah kiri titik tengah

distribusi normal. *Kurtosis* bernilai positif maknanya distribusi data “meruncing” artinya ada satu nilai yang mendominasi.

Tabel 4.3 Deskriptif Statistik Karakteristik SO₃

	N	Minimum	Maximum	Skewness		Kurtosis	
	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error
So3	421	.87	4.30	.557	.119	1.591	.237
Valid N (listwise)	421						

	N	Sum	Mean	Std. Deviation	Variance
So3	421	947.84	2.2514	.56006	.314
Valid N (listwise)	421				

Pada Tabel 4.3 di atas menunjukkan jumlah pengukuran (N) = 421 sampel, nilai minimum (Minimum), nilai maksimum (Maximum), total nilai data (Sum), nilai rata-rata variabel (Mean), standar deviasi (Std. Deviation), nilai varians (Variance), *Skewness* dan *Kurtosis*. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa, *Skewness* bernilai positif maknanya distribusi data “miring ke kiri dari distribusi normal” artinya ada frekuensi nilai yang tinggi di sebelah kiri titik tengah distribusi normal. *Kurtosis* bernilai positif maknanya distribusi data “meruncing” artinya ada satu nilai yang mendominasi.

Tabel 4.4 Deskriptif Statistik Karakteristik *free lime*

	N	Minimum	Maximum	Skewness		Kurtosis	
	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error
f.lime	421	.75	2.75	.501	.119	1.847	.237
Valid N (listwise)	421						

	N	Sum	Mean	Std. Deviation	Variance
So3	421	731.21	1.7368	.27848	.078
Valid N (listwise)	421				

Pada Tabel 4.4 di atas menunjukkan jumlah pengukuran (N) = 421 sampel, nilai minimum (Minimum), nilai maksimum (Maximum), total nilai data (Sum), nilai rata-rata variabel (Mean), standar deviasi (Std. Deviation), nilai varians (Variance), *Skewness* dan *Kurtosis*. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa, *Skewness* bernilai positif maknanya distribusi data “miring ke kiri dari distribusi normal” artinya ada frekuensi nilai yang tinggi di sebelah kiri titik tengah distribusi normal. *Kurtosis* bernilai positif maknanya distribusi data “meruncing” artinya ada satu nilai yang mendominasi.

Tabel 4.5 Deskriptif Statistik Karakteristik Residu 45

	N	Minimum	Maximum	Skewness		Kurtosis	
	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error
R.45	421	7.00	25.00	.216	.119	-1.436	.237
Valid N (listwise)	421						

	N	Sum	Mean	Std. Deviation	Variance
So3	421	6502.00	15.4442	4.95454	24.547
Valid N (listwise)	421				

Pada Tabel 4.5 di atas menunjukkan jumlah pengukuran (N) = 421 sampel, nilai minimum (Minimum), nilai maksimum (Maximum), total nilai data (Sum), nilai rata-rata variabel (Mean), standar deviasi (Std. Deviation), nilai varians (Variance), *Skewness* dan *Kurtosis*. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa, *Skewness* bernilai positif maknanya distribusi data “miring ke kiri dari distribusi normal” artinya ada frekuensi nilai yang tinggi di sebelah kiri titik tengah distribusi normal. *Kurtosis* bernilai negatif maknanya distribusi data “melandai” artinya data memiliki nilai varians yang besar.

3. Menentukan nilai rata-rata data

Sampel data produksi dengan empat karakteristik semen yang diperoleh penulis dari PT. Semen Tonasa, Desa Biringere, Kec. Bungoro, Kab. Pangkep, sebagaimana tercantum pada Lampiran 1 merupakan data sekunder yang dibagi menjadi data *training* dan data *testing* dengan

proporsi pembagian 80:20. Nilai rata-rata pada data *training* yang dilambangkan dengan μ_0 dan data *testing* yang dilambangkan dengan μ_1 . Data *training* dan data *testing* dibagi ke dalam subgroup yang terdiri dari 3 sampel berurutan berdasarkan pembagian shift jam kerja pegawai yang berlaku di PT. Semen Tonasa.

Langkah untuk memperoleh rata-rata data *training* (μ_0)

- a. Karakteristik CaO (X.1) untuk subgroup pertama dari sampel 1 – 24

$$\begin{aligned}\bar{x}_{11} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ijk} \\ \bar{x}_{11} &= \frac{1}{24} (69,18 + 67,18 + \dots + 70,68) \\ \bar{x}_{11} &= 69,912\end{aligned}$$

Karakteristik CaO (X.1) untuk subgroup kedua dari sampel 25 – 48

$$\begin{aligned}\bar{x}_{12} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ijk} \\ \bar{x}_{12} &= \frac{1}{24} (71,09 + 69,67 + \dots + 70,04) \\ \bar{x}_{12} &= 70,700\end{aligned}$$

Dengan langkah yang sama selanjutnya karakteristik CaO (X.1) untuk subgroup ke-14 dari sampel 313 – 336 selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2.

- b. Karakteristik SO_3 (X.2) untuk subgroup pertama dari sampel 1 – 24

$$\begin{aligned}\bar{x}_{21} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ijk} \\ \bar{x}_{21} &= \frac{1}{24} (1,96 + 2,03 + \dots + 2,60) \\ \bar{x}_{21} &= 1,957\end{aligned}$$

Karakteristik SO_3 (X.2) untuk subgroup kedua dari sampel 24 – 48

$$\begin{aligned}\bar{x}_{22} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ijk} \\ \bar{x}_{22} &= \frac{1}{24} (2,42 + 2,15 + \dots + 1,97) \\ \bar{x}_{22} &= 2,094\end{aligned}$$

Dengan langkah yang sama, selanjutnya karakteristik SO_3 (X.2) untuk subgroup ke-14 dari sampel 313 – 336 selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2.

- c. Karakteristik *free lime* (X.3) untuk subgroup pertama dari sampel 1-24

$$\begin{aligned}\bar{x}_{31} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ijk} \\ \bar{x}_{31} &= \frac{1}{24} (1,75 + 1,69 + \dots + 1,75) \\ \bar{x}_{31} &= 1,840\end{aligned}$$

Karakteristik *free lime* (X.3) untuk subgroup kedua dari sampel 25-48

$$\begin{aligned}\bar{x}_{32} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ijk} \\ \bar{x}_{32} &= \frac{1}{24} (1,69 + 1,88 + \dots + 1,94) \\ \bar{x}_{32} &= 1,864\end{aligned}$$

Dengan langkah yang sama, selanjutnya karakteristik *free lime* (X.3) untuk subgroup ke-14 dari sampel 313 – 336 selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2.

- d. Karakteristik Residu 45 (X.4) untuk subgroup pertama dari sampel 1 – 24

$$\begin{aligned}\bar{x}_{41} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ijk} \\ \bar{x}_{41} &= \frac{1}{24} (19 + 20 + \dots + 22) \\ \bar{x}_{41} &= 19,750\end{aligned}$$

Karakteristik Residu 45 (X.4) untuk subgroup kedua dengan sampel 25 – 48

$$\begin{aligned}\bar{x}_{42} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ijk} \\ \bar{x}_{42} &= \frac{1}{24} (21 + 20 + \dots + 23) \\ \bar{x}_{42} &= 21,833\end{aligned}$$

Dengan langkah yang sama, selanjutnya karakteristik Residu 45 (X.4) untuk subgroup ke-14 dari sampel 313 – 336 selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2.

Dari perhitungan rata-rata subgroup maka diperoleh nilai

$$\begin{aligned}\bar{x}_1 &= \frac{1}{14} (69,912 + 70,700 + \dots + 65,618) \\ \bar{x}_1 &= 68,124\end{aligned}$$

$$\bar{x}_2 = \frac{1}{14}(1,957 + 2,094 + \dots + 2,388)$$

$$\bar{x}_2 = 2,371$$

$$\bar{x}_3 = \frac{1}{14}(1,840 + 1,864 + \dots + 1,761)$$

$$\bar{x}_3 = 1,727$$

$$\bar{x}_4 = \frac{1}{14}(19,750 + 21,833 + \dots + 10,500)$$

$$\bar{x}_4 = 14,979$$

Jadi, nilai $\mu_0 = (68,124 \quad 2,371 \quad 1,727 \quad 14,979)$. Langkah yang sama

digunakan untuk memperoleh data *testing*, dengan jumlah sampel pada

data *testing* sebesar 85 sampel yang terdiri dari 4 subgroup. Sehingga

nilai $\mu_1 = (65,085 \quad 1,820 \quad 1,835 \quad 17,432)$

Jadi,

$$\mu_0 = (68,124 \quad 2,371 \quad 1,727 \quad 14,979)$$

$$\mu_1 = (65,085 \quad 1,820 \quad 1,835 \quad 17,432)$$

4. Menghitung matriks kovarian

Tahapan untuk menghitung matriks kovarian yang dibentuk dari data *training* yaitu sebagai berikut :

- Nilai varian untuk matriks dari subgroup pertama karakteristik CaO

(X.1)

$$S_{11}^2 = \frac{1}{24-1} \sum_{i=1}^3 (x_{i11} - \bar{x}_{11})^2$$

$$S_{11}^2 = \frac{1}{23} ((68,18 - 69,912) + (67,18 - 69,912) + \dots + (70,68 - 69,912))$$

$$S_{11}^2 = 1,197$$

Nilai varian untuk matriks dari subgroup kedua karakteristik CaO

(X.1)

$$S_{12}^2 = \frac{1}{24-1} \sum_{i=1}^3 (x_{i12} - \bar{x}_{12})^2$$

$$S_{12}^2 = \frac{1}{23} ((71,09 - 70,700) + (70,98 - 70,700) + \dots + (70,04 - 70,700))$$

$$S_{12}^2 = 0,282$$

Selanjutnya dengan cara yang sama nilai varian untuk matriks dari subgroup ke-14 karakteristik CaO, selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 3.

- b. Nilai varian untuk matriks dari subgroup pertama karakteristik SO₃

(X.2)

$$S_{21}^2 = \frac{1}{24-1} \sum_{i=1}^3 (x_{i21} - \bar{x}_{21})^2$$

$$S_{12}^2 = \frac{1}{23} ((1,96 - 1,957) + (2,03 - 1,957) + \dots + (2,60 - 1,957))$$

$$S_{12}^2 = 0,073$$

Nilai varian untuk matriks dari subgroup kedua karakteristik SO_3

(X.2)

$$S_{22}^2 = \frac{1}{24-1} \sum_{i=1}^3 (x_{i22} - \bar{x}_{22})^2$$

$$S_{22}^2 = \frac{1}{23} ((2,42 - 2,094) + (2,15 - 2,094) + \dots + (1,97 - 2,094))$$

$$S_{22}^2 = 0,174$$

Selanjutnya dengan cara yang sama nilai varian untuk matriks dari subgroup ke-14 karakteristik CaO, selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 3.

c. Nilai varian untuk matriks dari subgroup pertama karakteristik *free*

lime (X.3)

$$S_{31}^2 = \frac{1}{24-1} \sum_{i=1}^3 (x_{i31} - \bar{x}_{31})^2$$

$$S_{31}^2 = \frac{1}{23} ((1,75 - 1,840) + (1,69 - 1,840) + \dots + (1,75 - 1,840))$$

$$S_{31}^2 = 0,063$$

Nilai varian untuk matriks dari subgroup kedua karakteristik *free lime*

(X.3)

$$S_{32}^2 = \frac{1}{24-1} \sum_{i=1}^3 (x_{i32} - \bar{x}_{32})^2$$

$$S_{32}^2 = \frac{1}{23} ((1,69 - 1,864) + (1,88 - 1,864) + \dots + (1,94 - 1,864))$$

$$S_{32}^2 = 0,023$$

Selanjutnya dengan cara yang sama nilai varian untuk matriks dari subgroup ke-14 karakteristik *free lime* (X.3), selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 3.

- d. Nilai varian untuk matriks dari subgroup pertama karakteristik Residu 45 (X.4)

$$S_{41}^2 = \frac{1}{24-1} \sum_{i=1}^3 (x_{i41} - \bar{x}_{41})^2$$

$$S_{41}^2 = \frac{1}{23} ((19-19,750) + (20-19,750) + \dots + (22-19,750))$$

$$S_{41}^2 = 3,761$$

Nilai varian untuk matriks dari subgroup kedua karakteristik Residu 45 (X.4)

$$S_{42}^2 = \frac{1}{24-1} \sum_{i=1}^3 (x_{i42} - \bar{x}_{42})^2$$

$$S_{42}^2 = \frac{1}{23} ((21-21,833) + (20-21,833) + \dots + (23-21,833))$$

$$S_{42}^2 = 6,493$$

Selanjutnya dengan cara yang sama nilai varian untuk matriks dari subgroup ke-14 karakteristik Residu 45 (X.4), selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 3.

Dari perhitungan rata-rata dan nilai varian matriks maka diperoleh variansi matriks sebagai berikut:

$$\overline{S}_1^2 = \frac{1}{14} \sum_{k=1}^{112} S_{1k}^2$$

$$\overline{S}_1^2 = \frac{1}{14} (1,197 + 0,282 + \dots + 0,387)$$

$$\overline{S}_1^2 = 2,048$$

$$\overline{S}_2^2 = \frac{1}{14} \sum_{k=1}^{112} S_{2k}^2$$

$$\overline{S}_2^2 = \frac{1}{14} (0,073 + 0,174 + \dots + 0,293)$$

$$\overline{S}_2^2 = 0,203$$

$$\overline{S}_3^2 = \frac{1}{14} \sum_{k=1}^{112} S_{3k}^2$$

$$\overline{S}_3^2 = \frac{1}{14} (0,063 + 0,023 + \dots + 0,026)$$

$$\overline{S}_3^2 = 0,049$$

$$\overline{S}_4^2 = \frac{1}{14} \sum_{k=1}^{112} S_{4k}^2$$

$$\overline{S}_4^2 = \frac{1}{14} (3,761 + 6,493 + \dots + 2,783)$$

$$\overline{S}_4^2 = 4,196$$

e. Nilai kovarian untuk matriks dari subgroup pertama karakteristik CaO (X.1) dan SO₃ (X.2)

$$S_{121} = \frac{1}{24-1} \sum_{i=1}^{24} (x_{i11} - \overline{x}_{11})(x_{i12} - \overline{x}_{21})$$

$$S_{121} = \frac{1}{23} \left((69,18 - 69,912)(1,96 - 1,957) + \dots + (70,68 - 69,912)(2,60 - 1,957) \right)$$

$$S_{121} = -0,118$$

Nilai kovarian untuk matriks dari subgroup kedua karakteristik CaO

(X.1) dan SO₃ (X.2)

$$S_{122} = \frac{1}{24-1} \sum_{i=1}^{24} (x_{i12} - \bar{x}_{12})(x_{i12} - \bar{x}_{22})$$

$$S_{122} = \frac{1}{23} \left((71,09 - 70,700)(2,42 - 2,094) + \dots + (70,04 - 70,700)(1,97 - 2,094) \right)$$

$$S_{122} = 0,033$$

Selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 4.

f. Nilai kovarian untuk matriks dari subgroup pertama karakteristik CaO

(X.1) dan *free lime* (X.3)

$$S_{131} = \frac{1}{24-1} \sum_{i=1}^{24} (x_{i11} - \bar{x}_{11})(x_{i13} - \bar{x}_{31})$$

$$S_{131} = \frac{1}{23} \left((69,18 - 69,912)(1,75 - 1,840) + \dots + (70,68 - 69,912)(1,75 - 1,840) \right)$$

$$S_{131} = 0,026$$

Nilai kovarian untuk matriks dari subgroup kedua karakteristik CaO

(X.1) dan *free lime* (X.3)

$$S_{132} = \frac{1}{24-1} \sum_{i=1}^{24} (x_{i12} - \bar{x}_{12})(x_{i32} - \bar{x}_{32})$$

$$S_{132} = \frac{1}{23} \left((71,09 - 70,700)(1,69 - 1,864) + \dots + (70,04 - 70,700)(1,94 - 1,864) \right)$$

$$S_{132} = 0,008$$

Selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 4.

- g. Nilai kovarian untuk matriks dari subgroup pertama karakteristik CaO

(X.1) dan Residu 45 (X.4)

$$S_{141} = \frac{1}{24-1} \sum_{i=1}^{24} (x_{i11} - \bar{x}_{11})(x_{i41} - \bar{x}_{41})$$

$$S_{141} = \frac{1}{23} \left((69,18 - 69,912)(19 - 19,750) + \dots + (70,68 - 69,912)(22 - 19,750) \right)$$

$$S_{141} = 0,428$$

Nilai kovarian untuk matriks dari subgroup kedua karakteristik CaO

(X.1) dan Residu 45 (X.4)

$$S_{142} = \frac{1}{24-1} \sum_{i=1}^{24} (x_{i12} - \bar{x}_{12})(x_{i42} - \bar{x}_{42})$$

$$S_{142} = \frac{1}{24} \left((71,09 - 70,700)(21 - 21,833) + \dots + (70,04 - 70,700)(23 - 21,833) \right)$$

$$S_{142} = 0,119$$

Selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 4.

- h. Nilai kovarian untuk matriks dari subgroup pertama karakteristik SO₃

(X.2) dan *free lime* (X.3)

$$S_{231} = \frac{1}{24-1} \sum_{i=1}^{24} (x_{i21} - \bar{x}_{21})(x_{i31} - \bar{x}_{31})$$

$$S_{231} = \frac{1}{23} \left((1,96 - 1,957)(1,75 - 1,840) + \dots + (2,60 - 1,957)(1,75 - 1,840) \right)$$

$$S_{231} = 0,004$$

Nilai kovarian untuk matriks dari subgroup kedua karakteristik SO_3

(X.2) dan *free lime* (X.3)

$$S_{232} = \frac{1}{24-1} \sum_{i=1}^{24} (x_{i22} - \bar{x}_{22})(x_{i32} - \bar{x}_{32})$$

$$S_{232} = \frac{1}{23} \left((2,42 - 2,094)(1,69 - 1,864) + \dots + \right.$$

$$\left. (1,97 - 2,094)(1,94 - 1,864) \right)$$

$$S_{232} = 0,025$$

Selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 4.

i. Nilai kovarian untuk matriks dari subgroup pertama karakteristik SO_3

(X.2) dan Residu 45 (X.4)

$$S_{241} = \frac{1}{24-1} \sum_{i=1}^{24} (x_{i21} - \bar{x}_{21})(x_{i41} - \bar{x}_{41})$$

$$S_{241} = \frac{1}{23} \left((1,96 - 1,957)(19 - 19,750) + \dots + \right.$$

$$\left. (2,60 - 1,957)(22 - 19,750) \right)$$

$$S_{241} = 0,053$$

Nilai kovarian untuk matriks dari subgroup kedua karakteristik SO_3

(X.2) dan Residu 45 (X.4)

$$S_{242} = \frac{1}{24-1} \sum_{i=1}^{24} (x_{i22} - \bar{x}_{22})(x_{i42} - \bar{x}_{42})$$

$$S_{242} = \frac{1}{23} \left((2,42 - 2,094)(21 - 21,833) + \dots + \right.$$

$$\left. (1,97 - 2,094)(23 - 21,833) \right)$$

$$S_{242} = -0,454$$

Selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 4.

j. Nilai kovarian untuk matriks dari subgroup pertama karakteristik *free*

lime (X.3) dan Residu 45 (X.4)

$$S_{341} = \frac{1}{24-1} \sum_{i=1}^{24} (x_{i31} - \bar{x}_{31})(x_{i41} - \bar{x}_{41})$$

$$S_{341} = \frac{1}{23} \left((1,75 - 1,840)(19 - 19,750) + \dots + (1,75 - 1,840)(22 - 19,750) \right)$$

$$S_{341} = 0,127$$

Nilai kovarian untuk matriks dari subgroup kedua karakteristik *free*

lime (X.3) dan Residu 45 (X.4)

$$S_{342} = \frac{1}{24-1} \sum_{i=1}^{24} (x_{i32} - \bar{x}_{32})(x_{i42} - \bar{x}_{42})$$

$$S_{342} = \frac{1}{23} \left((1,69 - 1,864)(21 - 21,833) + \dots + (1,94 - 1,864)(23 - 21,833) \right)$$

$$S_{342} = -0,111$$

Selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 4.

Dari perhitungan rata-rata dan nilai kovarian maka diperoleh matriks

kovarian yaitu:

$$\bar{S}_{12} = \frac{1}{14} \sum_{k=1}^{14} S_{12k}$$

$$\bar{S}_{12} = \frac{1}{14} (-0,118 + 0,033 + \dots + -0,111)$$

$$\bar{S}_{12} = 0,032$$

$$\bar{S}_{13} = \frac{1}{14} \sum_{k=1}^{14} S_{13k}$$

$$\bar{S}_{13} = \frac{1}{14} (0,026 + 0,008 + \dots + 0,003)$$

$$\bar{S}_{13} = 0,008$$

$$\bar{S}_{14} = \frac{1}{14} \sum_{k=1}^{14} S_{14k}$$

$$\bar{S}_{14} = \frac{1}{14} (0,428 + 0,119 + \dots + -0,079)$$

$$\bar{S}_{14} = 0,637$$

$$\bar{S}_{23} = \frac{1}{14} \sum_{k=1}^{14} S_{23k}$$

$$\bar{S}_{23} = \frac{1}{14} (0,004 + 0,025 + \dots + -0,003)$$

$$\bar{S}_{23} = 0,010$$

$$\bar{S}_{24} = \frac{1}{14} \sum_{k=1}^{14} S_{24k}$$

$$\bar{S}_{24} = \frac{1}{14} (0,053 + -0,454 + \dots + -0,182)$$

$$\bar{S}_{24} = 0,082$$

$$\bar{S}_{34} = \frac{1}{14} \sum_{k=1}^{14} S_{34k}$$

$$\bar{S}_{34} = \frac{1}{14} (0,127 + -0,111 + \dots + -0,043)$$

$$\bar{S}_{34} = 0,035$$

Sehingga diperoleh kesimpulan:

$$\Sigma_0 = \begin{bmatrix} 2,048 & 0,032 & 0,008 & 0,637 \\ 0,032 & 0,203 & 0,010 & 0,082 \\ 0,008 & 0,010 & 0,049 & 0,035 \\ 0,637 & 0,082 & 0,035 & 4,196 \end{bmatrix}$$

5. Menentukan nilai referensi (k) peta kendali PPCUSUM

Untuk memperoleh nilai referensi peta kendali kita menggunakan persamaan (2.6)

$$d(\mu_1, \mu_0) = \left((\mu_1 - \mu_0)^T \Sigma_0^{-1} (\mu_1 - \mu_0) \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\mu_0 = (68,124 \quad 2,371 \quad 1,727 \quad 14,979)$$

$$\mu_1 = (65,085 \quad 1,820 \quad 1,835 \quad 17,432)$$

$$\Sigma_0^{-1} = \begin{bmatrix} 0,513 & -0,048 & -0,024 & -0,077 \\ -0,048 & 5,011 & -0,927 & -0,083 \\ -0,024 & -0,927 & 20,526 & -0,149 \\ -0,077 & -0,083 & -0,149 & 0,253 \end{bmatrix}$$

$$\mu_1 - \mu_0 = (-2,039 \quad -0,552 \quad 0,108 \quad 2,453)$$

$$d(\mu_1, \mu_0) = \left(\begin{pmatrix} -2,039 \\ -0,552 \\ 0,108 \\ 2,453 \end{pmatrix}^T \begin{bmatrix} 0,513 & -0,048 & -0,024 & -0,077 \\ -0,048 & 5,011 & -0,927 & -0,083 \\ -0,024 & -0,927 & 20,526 & -0,149 \\ -0,077 & -0,083 & -0,149 & 0,253 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} -2,039 \\ -0,552 \\ 0,108 \\ 2,453 \end{pmatrix} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$d(\mu_1, \mu_0) = 2,518$$

$$k = \frac{1}{2} d(\mu_1, \mu_0) = 1,259$$

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
ALAUDDIN
MAKASSAR

6. Menentukan nilai ARL berdasarkan nilai k

Untuk memperoleh nilai ARL menggunakan persamaan (2.4) dengan nilai

$$k = 1,259 \text{ dan } \Delta = \delta^* - k, \delta^* = \frac{(\mu_1 - \mu_0)}{\sigma} \text{ dan } b = h + 1,166.$$

$$ARL = \frac{e^{-2\Delta b} + 2\Delta b - 1}{2\Delta^2}$$

$$ARL = \frac{e^{-2(1,259)7+1,166} + 2.(0-1,259).7+1,166-1}{2.(0-1,259)^2}$$

$$ARL = 269267353,74$$

Untuk beberapa nilai ARL yang akan digunakan untuk menentukan batasan peta kendali dapat dilihat pada Tabel 4.6 dibawah ini:

Tabel 4.6 Nilai ARL

h	ARL	h	ARL
7,00	269267353.74	.	.
7,50	948525755.89	.	.
8,00	3341292904.49	19,50	12642098372734800000000.00
8,50	11770094973.91	20,00	44533269764999700000000.00
9,00	41461535848.60	20,50	156873650045267000000000.00
9,50	146053108166.08	21,00	552605775600745000000000.00
.	.	21,50	194661846103015000000000.00
.	.	22,00	685719114807289000000000.00

Nilai ARL selengkapnya dapat dilihat di Lampiran 5.

7. Menentukan batas kendali h

Menggunakan nilai $\log(ARL)$ menggunakan pers (2.5)

$$\log(ARL) = -0,1714 + 0,7358 \times h$$

$$\log(269267353,74) = -0,1714 + 0,7358 \times h$$

$$h = \frac{\log(269267353,74) - (-0,1714)}{0,7368}$$

$$h = \frac{19,4112 + 0,1714}{0,7368}$$

$$h = 26,578$$

Beberapa nilai batas kendali h dapat dilihat pada Tabel 4.7 di bawah ini:

Tabel 4.7 Nilai Batas Kendali h

ARL	Log(ARL)	Batas kendali h
269267353.74	19.4112	26.5779
948525755.89	20.6704	28.2869
3341292904.49	21.9296	29.9960
11770094973.91	23.1888	31.7050
.	.	.
.	.	.
.	.	.
156873650045267000000000.00	53.4097	72.7214
552605775600745000000000.00	54.6689	74.4304
1946618461030150000000000.00	55.9281	76.1394
6857191148072890000000000.00	57.1873	77.8485

Nilai batas kendali h selengkapnya dapat dilihat di Lampiran 6.

8. Melakukan standarisasi rata-rata sampel

Untuk menyelesaikan tahapan ini digunakan Rumus (2.13) dengan

$$n = 4; \sum_0^{-1/2} = \begin{bmatrix} 0,902 & -0,141 & -0,034 & -0,329 \\ -0,141 & 2,622 & -0,917 & -0,228 \\ -0,034 & -0,917 & 5,201 & -0,334 \\ -0,329 & -0,228 & -0,334 & 0,679 \end{bmatrix}$$

$$(\bar{x}_i - \mu_0) = \begin{pmatrix} -0,246 \\ 0,308 \\ -0,125 \\ -3,932 \end{pmatrix}$$

$$\bar{y}_i = \sqrt{n} \sum_0^{-1/2} (\bar{x}_i - \mu_0)$$

$$\bar{y}_1 = \sqrt{4} \begin{bmatrix} 0,902 & -0,141 & -0,034 & -0,329 \\ -0,141 & 2,622 & -0,917 & -0,228 \\ -0,034 & -0,917 & 5,201 & -0,334 \\ -0,329 & -0,228 & -0,334 & 0,679 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} -0,246 \\ 0,308 \\ -0,125 \\ -3,932 \end{pmatrix}$$

$$\bar{y}_1 = \begin{pmatrix} 2,062 \\ 3,708 \\ 0,773 \\ -5,231 \end{pmatrix}$$

Nilai \bar{y}_i selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.8 di bawah ini:

Tabel 4.8 Nilai Standarisasi sampel ke- i (\bar{y}_i)

\bar{y}_i	CaO	SO ₃	Free Lime	R.45
1	2.062	3.708	0.773	-5.231
2	-4.337	-0.642	-1.838	2.502
3	-4.337	-0.642	-1.838	2.502
4	0.068	-1.856	0.431	0.448

9. Menghitung nilai C_i

Untuk menghitung nilai C_i dengan menggunakan pers (2.15)

$$C_{ij} = \|\bar{y}_i + \bar{y}_{i+1} + \dots + \bar{y}_j\| - (i - j + 1)k$$

$$C_{11} = \|2,062 \quad 3,708 \quad 0,773 \quad -5,231\| - (1 - 1 + 1)1,259$$

$$C_{11} = (45,968)^{\frac{1}{2}} - 1,259$$

$$C_{11} = 6,780 - 1,259$$

$$C_{11} = 5,521$$

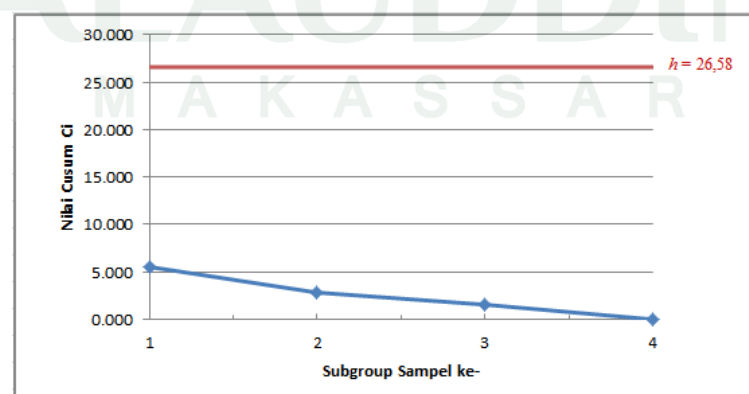
Nilai *Cumulative Sum* selengkapnya disajikan pada Tabel 4.9 dibawah ini:

Tabel 4.9 Nilai *Cumulative Sum*

Sampel ke- i	Nilai Cusum ke- i
1	5.521
2	2.854
3	1.595
4	0.000

10. Memplot grafik kendali CUSUM

Penyajian nilai cusum dapat dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini:



Gambar 4.1 Grafik Kendali CUSUM

Berdasarkan Gambar 4.1 di atas, terlihat bahwa tidak ada sampel yang melewati batas peta kendali CUSUM dengan $h = 26,578$.

11. Menghitung data grafik kendali *out-of-control*

Untuk menghitung nilai *Cumulative Sum* grafik kendali yang *out-of-control* menggunakan pers (2.16), perhitungannya sebagai berikut:

$$C_i = \max\{0, \|S_i - S_{i-1}\| - k, \|S_i - S_{i-2}\| - 2k, \dots, \|S_i - S_0\| - ik\}$$

$$C_1 = (\|2,062 \quad 3,708 \quad 0,773 \quad -5,231\| - 0) - 1 \times 1,259$$

$$C_1 = (45,968)^{\frac{1}{2}} - 1,259$$

$$C_1 = 6,780 - 1,259$$

$$C_1 = 5,521$$

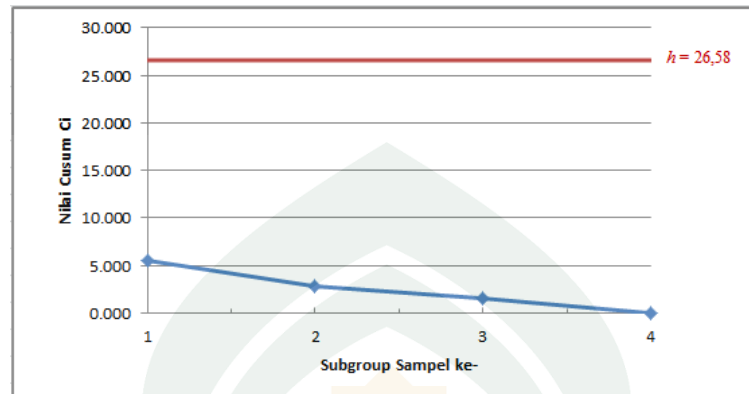
Nilai *Cumulative Sum* setelah *out-of-control* selengkapnya disajikan pada

Tabel 4.10 dibawah ini:

Tabel 4.10 Nilai *Cumulative Sum* setelah *out-of-control*

Sampel ke- <i>i</i>	Nilai Cusum ke- <i>i</i>
1	5.521
2	2.854
3	1.595
4	0.000

Penyajian nilai cusum setelah terjadi *out-of-control* dapat dilihat pada Gambar 4.2 di bawah ini:



Gambar 4.2 Grafik Kendali setelah *out-of-control*

Berdasarkan Gambar 4.2 di atas, terlihat bahwa tidak ada sampel yang melewati batas peta kendali CUSUM dengan $h = 26,578$.

12. Menghitung kapan tanda data akan *out-of-control* menggunakan pers (2.17)

Untuk peta kendali 1 untuk $h = 26,578$

$$S_1 = \bar{y}_1 = (2,062 \quad 3,708 \quad 0,773 \quad -5,231)$$

Untuk peta kendali 2 untuk $h = 26,578$

$$S_1 = \bar{y}_1 = (2,062 \quad 3,708 \quad 0,773 \quad -5,231)$$

Pada saat sinyal *out-of-control* terjadi pada grafik kendali PPCUSUM yang pertama pada periode waktu i_0 maka pada saat yang sama grafik kendali PPCUSUM yang kedua pada periode waktu i_1 sehingga

$$C_i = \|0 \ 0 \ 0 \ 0\| - (1-1)1,259$$

$$C_i = (0)^{1/2} - 0$$

$$C_i = 0 - 0$$

$$C_i = 0$$

Perbedaan antara kedua grafik yang akan menjadi dasar untuk mengetahui kapan pergeseran proses mulai terjadi. Menggunakan pers (2.19)

$$\text{waktu proses mulai bergeser} = i_n + 1$$

$$\text{waktu proses mulai bergeser} = i_1 + 1 = 0 + 1 = 1$$

Sehingga proses mulai bergeser pada sampel ke-1. Arah dari pergeseran proses yang terjadi dapat diketahui dengan menggunakan pers (2.18)

$$\hat{a}_0 = (0 \ 0 \ 0 \ 0)$$

B. Pembahasan

Pengambilan sampel dilakukan setiap jamnya selama mesin memproduksi semen jenis OPC. Produksi semen dilakukan apabila ada pemesanan dari konsumen karena semen jenis OPC sudah tidak diproduksi untuk pemakaian umum, jenis semen OPC untuk sekarang ini hanya digunakan pada pembangunan proyek besar misalnya jalanan beton, gedung bertingkat tinggi, dll. Oleh karena itu data yang diperoleh dari PT. Semen Tonasa dari produksi periode Tahun 2015 sampai Agustus 2016 sebanyak 421 sampel.

Dari Tabel Statistik Deskriptif diperoleh berbagai informasi. Standar deviasi menunjukkan keheterogenan data penelitian, semakin besar nilai standar deviasi maka semakin besar jarak rata-rata tiap sampel terhadap rata-rata hitung (mean). Variansi menunjukkan keberagaman data penelitian, semakin besar nilai

variansi maka semakin beragamlah data penelitian dan semakin kecil nilai variansi maka semakin homogenlah data penelitiannya.

Nilai *skewness* merupakan ukuran kesimetrisan histogram sedangkan *kurtosis* merupakan ukuran datar atau runcingnya histogram. Statistik ini dapat digunakan untuk melihat sebaran data normal. Jika nilai *skewness* berada pada rentang nilai rasio *skewness* yaitu pada rentang -2 sampai 2 berarti data berdistribusi normal. Sedangkan *kurtosis* dapat digunakan untuk menentukan nilai keruncingan data, $kurtosis > 3$ disebut leptokurtic, $kurtosis = 3$ disebut mesokurtic dan $kurtosis < 3$ disebut platykurtic.

Dari 421 sampel ini dibagi menjadi data *training* dan data *testing*. Jumlah keseluruhan data dibagi menjadi data *training* dan data *testing* dengan perbandingan 80:20. Data *training* terdiri dari 336 data yang dibagi menjadi subgroup terdiri dari 24 sampel berurutan dan data *testing* terdiri dari 85 data yang dibagi menjadi subgroup terdiri dari 24 sampel berurutan. Pembagian subgroup didasarkan pada waktu pengambilan sampel pada saat proses produksi. Untuk matriks kovarian gunakan pers (2.9) sampai pers (2.12) sehingga membentuk matriks 4×4 .

Apabila matriks kovarian dan rata-rata telah diperoleh, menentukan batas kendali dari peta kendali CUSUM, dengan terlebih dahulu menentukan nilai referensi dan nilai ARL yang akan digunakan untuk menentukan beberapa nilai h guna memperoleh perbandingan peta kendali dengan batas kendali yang berbeda. Nilai h bergantung pada nilai ARL, semakin besar nilai ARL maka semakin besar pula nilai h dan keefektifan dari peta kendali.

Selanjutnya melakukan standarisasi untuk setiap X_i dengan menggunakan persamaan (2.13). Nilai dari setiap \bar{y}_i merupakan vektor yang dijumlahkan secara rekursif. Dari hasil standarisasi, perhitungan nilai C_i menggunakan persamaan (2.14) yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.7. Dengan menggunakan nilai \bar{y}_i dan nilai h diketahui bahwa tidak ada sampel yang *out-of-control*.

Jika terjadi *out-of-control* pada grafik kendali maka interpretasi terhadap sampel *out-of-control* perlu dilakukan, dengan mengikuti langkah selanjutnya menggunakan persamaan (2.15) dan persamaan (2.16). Setelah melakukan interpretasi, maka sampel yang pertama kali keluar dari batas kendali akan diketahui lebih cepat.

Perbedaan hasil dari kedua grafik ini dapat memberikan kita informasi pada titik sampel ke berapa mulai terjadinya pergeseran proses dan arah pergeseran prosesnya. Setiap sinyal yang *out-of-control* akan memberikan tanda pada titik-titik sebelumnya bahwa akan terjadi *out-of-control*.

Hasil perhitungan diperoleh bahwa pada titik sampel ke-1 pergeseran proses akan mulai terjadi dengan menggunakan persamaan (2.18). Arah pergeseran proses yang paling optimal juga dapat diketahui dengan menggunakan vektor S_0 pada grafik Cusum dan vektor S_1 pada grafik kendali Cusum setelah interpretasi, dengan cara memasukkan nilai kedua vektor ke persamaan (2.17) sehingga menghasilkan arah pergeseran proses yang paling optimal pada $(0 \ 0 \ 0 \ 0)$. Arah pergeseran optimal ini berarti arah pergeseran proses yang paling optimal sebelum pergeseran proses berada pada *out-of-control*.

Semen yang baik terdiri dari beberapa komposisi bahan yang memiliki takaran tertentu. Sebagaimana dalam Al Qur'an menyebutkan bahwa sempurnakanlah takaranmu dan timbanglah dengan timbangan yang lurus. Semen Portland Tipe I produksi perseroan harus memenuhi persyaratan SNI 15-2049-2004 Jenis I dan ASTM C150-2004 Tipe I, dimana CaO 66%, SO_3 2.5 – 3%, dan CaO Bebas 0.82%. Untuk dapat memenuhi standar SNI dan ASTM tersebut, maka tim produksi semen PT. Semen Tonasa melakukan pengecekan produksi setiap satu jam sekali. Apabila terjadi fluktuasi pada kualitas sampel yang diteliti, maka perlu penanganan yang tepat untuk membuat kualitas semen kembali terkontrol

Produksi semen PT. Semen Tonasa terdapat sampel yang tidak terkontrol, artinya ada takaran zat yang kurang/lebih yang terkandung dalam semen tersebut. Sehingga perlu diadakan evaluasi ulang mengenai proses produksi di PT. Semen Tonasa. Misalnya pelatihan tenaga kerja, pengecekan mesin, pengawasan yang baik pada saat mesin memproduksi semen serta pengecekan bahan baku yang digunakan.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah serta hasil yang diperoleh dari penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa pengendalian kualitas statistik pada produksi PT. Semen Tonasa dengan menggunakan metode grafik kendali *multivariate CUSUM* dengan pendekatan *projection pursuit* terkontrol dengan arah pergeseran proses yang paling optimal sebelum sampel *out-of-control* sebesar $(0 \ 0 \ 0 \ 0)$.

B. Saran

Penulis berharap dengan adanya penelitian ini, maka metode grafik kendali *multivariate CUSUM* dengan pendekatan *projection pursuit* dapat dimanfaatkan oleh pembaca. Penulis menyarankan kepada pihak perusahaan, guna meningkatkan *quality control* terhadap barang produksi sebaiknya dilakukan pencatatan waktu pengambilan sampel, waktu terjadinya kerusakan mesin atau pada saat terjadi kesalahan dalam proses produksi. Penulis juga mengharapkan adanya penelitian dengan menggunakan metode grafik kendali yang lain misalnya grafik kendali MEWMA.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, Rambung Saesar. *Perbandingan Peta Kendali Cumulative Sum (CUSUM) dan Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) (Studi kasus: Data Penyebaran Wabah Ebola di Negara Guinea dan Sierra Leone Tahun 2015, Afrika Barat)*. Makassar: Skripsi, 2015.
- Chandra, M. Jaya. *Statistikal Quality Kontrol*. Department of Industrial and Manufacturing Engineering the Pennsylvania State University, 2001.
- Departemen Agama RI. *Al-Qur'an Al Karim*. Bandung: Syaamil Quran, 2003.
- Irianto, Agus. *Statistik Konsep Dasar & Aplikasinya*. Jakarta: Prenada Media, 2004.
- Irwan. *Pengendalian Kualitas Statistik*. Makassar: Alauddin University Press, 2012.
- Jalaluddin, Imam Al-Mahili. *Tafsir Jalaluddin berikut Asbabun Nuzul Ayat, Surat Al-Kahfi s.d An-Nas*. (Bandung: Sinar Baru Algesindo, 2010), Vol. 1.
- Montgomery, Douglas C. *Introduction to Statistikal Quality Kontrol*. 4th Edition. New York, John Wiley & Sons, Inc., 2001
- Ngai. H. M. and Zhang. J. 2001. A Multivariate Cumulative Sum Based On Projection Pursuit. *Statistica Sinica*, vol.11
- Praptono. *Buku Materi Pokok Statistika Pengawasan Kualitas*. Jakarta: Universitas Terbuka, 1986.
- Primananda, Taufiq. *Pengendalian Kualitas Produksi Mebel di PT. Majawana dengan Diagram Kontrol D^2 (Mahalanobis Distance)*. Jurnal. FMIPA-ITS Surabaya.

Puriyatno, Duwi, *SPSS untuk Analisis Korelasi, Regresi, dan Multivariat*, Yogyakarta: Gava Media.

Silaen, Sakti. *Statistika Untuk Bisnis dan Ekonomi*. Jakarta: Mitra Wacana Media, 2010.

Sumarjono, Djoko. *Diktat Kuliah Ilmu Ekonomoi Produksi*. 2004.

Tjiptono, Fandy, *Prinsip-prinsip Total Quality Service*, Yogyakarta: Penerbit ANDI, 1997.

Walpole, Ronald E. & Raymond H. Myers. *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan*. Bandung: Penerbit ITB, 1995.







UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
ALAUDDIN
M A K A S S A R



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

Lampiran I : Data Produksi PT. Semen Tonasa

NOMOR	CaO	SO3	Free CaO	Residu 45
SAMPEL	X.1	X.2	X.3	X.4
1	69.18	1.96	1.75	19.00
2	67.18	2.03	1.69	20.00
3	70.43	1.65	1.82	22.00
4	69.43	1.59	1.75	19.00
5	69.67	1.84	1.65	18.00
6	70.11	1.77	1.75	17.00
7	70.18	1.84	1.82	16.00
8	70.30	1.66	1.75	17.00
9	70.26	1.79	1.63	18.00
10	70.23	1.75	1.75	20.00
11	69.11	2.00	1.75	20.00
12	68.59	2.42	1.88	16.00
13	69.16	2.30	1.94	20.00
14	69.63	2.16	1.75	19.00
15	69.71	2.38	1.94	20.00
16	71.04	1.99	1.82	22.00
17	70.63	1.88	2.25	21.00
18	71.60	1.65	1.82	21.00
19	71.21	1.79	1.75	22.00
20	70.97	1.94	2.23	20.00
21	71.32	1.78	2.75	21.00
22	69.66	1.95	1.82	22.00
23	67.60	2.25	2.13	22.00
24	70.68	2.60	1.75	22.00
25	71.09	2.42	1.69	21.00
26	70.71	2.15	1.88	20.00
27	70.98	2.08	1.82	23.00
28	70.87	1.70	1.75	23.00
29	71.08	1.89	1.88	23.00
30	69.59	2.56	1.82	22.00
31	70.61	1.75	1.75	23.00
32	70.35	1.63	1.82	23.00
33	70.48	1.62	1.63	23.00
34	70.69	1.78	1.75	23.00
35	69.87	1.99	1.82	21.00



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

36	70.85	1.67	1.88	22.00
37	71.40	1.78	1.81	23.00
38	71.33	1.72	1.82	23.00
39	70.84	1.73	1.88	21.00
40	70.77	2.96	2.07	19.00
41	70.71	2.70	1.88	23.00
42	71.63	2.87	1.94	24.00
43	71.16	2.73	1.82	22.00
44	71.17	2.34	2.19	23.00
45	70.72	2.23	2.32	21.00
46	70.16	2.09	1.75	20.00
47	69.69	1.90	1.88	23.00
48	70.04	1.97	1.94	23.00
49	69.90	1.83	1.88	23.00
50	79.00	2.05	1.75	19.00
51	75.98	2.32	1.69	21.00
52	76.00	2.15	1.75	22.00
53	69.92	1.79	1.82	21.00
54	69.86	1.67	1.75	22.00
55	70.59	1.69	1.75	23.00
56	70.31	1.74	1.82	23.00
57	70.53	1.91	2.13	22.00
58	70.71	1.91	2.25	21.00
59	70.11	1.71	1.80	23.00
60	70.44	2.01	2.00	23.00
61	70.92	1.87	1.94	24.00
62	70.99	1.79	1.75	23.00
63	70.82	1.76	1.88	21.00
64	70.85	1.99	1.82	23.00
65	69.56	2.54	2.13	22.00
66	70.21	3.80	1.75	24.00
67	70.06	2.40	1.88	23.00
68	66.80	1.81	1.94	21.00
69	69.79	1.79	1.88	22.00
70	70.14	1.76	1.75	22.00
71	70.83	1.87	1.82	23.00
72	70.33	2.26	2.00	23.00
73	70.73	2.40	1.94	23.00



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

74	69.41	1.98	1.94	20.00
75	69.82	3.03	2.00	22.00
76	69.58	1.92	1.75	23.00
77	70.88	1.98	1.94	22.00
78	70.04	2.38	2.44	20.00
79	70.94	2.02	2.32	19.00
80	71.10	1.95	1.88	23.00
81	76.70	3.90	1.94	22.00
82	79.30	2.19	1.88	22.00
83	75.80	2.12	1.94	21.00
84	70.80	1.98	1.88	22.00
85	70.85	3.47	1.88	23.00
86	70.60	2.16	1.75	22.00
87	69.99	2.89	1.82	22.00
88	70.54	2.40	1.75	22.00
89	70.96	2.69	1.82	23.00
90	70.59	1.87	1.94	23.00
91	70.79	1.95	1.75	20.00
92	70.28	3.01	1.94	23.00
93	69.83	4.00	2.00	19.00
94	68.23	2.80	1.69	19.00
95	69.15	2.09	1.69	14.00
96	70.28	2.50	1.94	19.00
97	70.77	2.33	1.94	23.00
98	70.67	2.27	1.75	20.00
99	70.59	1.97	1.75	21.00
100	70.75	2.11	1.88	23.00
101	70.56	2.43	1.94	21.00
102	70.46	2.36	1.88	23.00
103	70.25	2.25	1.94	22.00
104	70.46	2.31	2.13	20.00
105	70.30	2.56	1.82	22.00
106	70.31	2.21	1.82	18.00
107	70.25	1.92	1.88	20.00
108	70.18	1.89	1.74	21.00
109	70.19	3.20	1.88	22.00
110	69.77	1.91	1.72	21.00
111	69.87	2.03	1.75	22.00



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

112	70.18	2.16	1.82	20.00
113	69.94	2.19	1.75	19.00
114	70.12	2.31	1.82	21.00
115	70.16	2.20	1.69	22.00
116	70.38	2.19	1.70	20.00
117	70.52	3.33	1.69	22.00
118	70.67	1.67	1.75	18.00
119	70.04	1.88	2.53	19.00
120	69.77	1.92	1.82	17.00
121	69.55	2.07	2.38	18.00
122	70.17	1.34	1.88	15.00
123	70.14	1.56	1.94	16.00
124	70.26	2.15	2.32	17.00
125	70.27	3.03	1.75	19.00
126	70.00	3.17	1.69	21.00
127	70.30	4.00	1.75	21.00
128	70.56	3.80	1.75	22.00
129	70.14	2.49	1.82	12.00
130	70.65	2.49	2.19	16.00
131	70.26	3.40	1.94	20.00
132	70.16	3.98	2.25	20.00
133	70.39	2.34	1.25	18.00
134	70.52	1.97	1.19	12.00
135	70.30	2.12	1.31	14.00
136	70.62	2.34	1.57	16.00
137	68.76	2.72	1.38	13.00
138	69.05	2.79	2.25	13.00
139	70.48	2.43	1.75	14.00
140	69.86	2.18	1.94	16.00
141	70.54	2.40	1.75	14.00
142	70.15	2.31	1.82	13.00
143	69.26	2.79	1.82	14.00
144	69.15	3.98	1.57	12.00
145	68.72	2.82	1.44	13.00
146	69.09	4.17	1.75	14.00
147	78.98	3.67	1.88	14.00
148	75.56	3.82	1.94	11.00
149	69.49	3.52	1.57	12.00



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

150	69.97	2.78	2.07	12.00
151	66.29	2.18	1.63	10.00
152	66.15	2.26	1.50	10.00
153	66.15	2.35	1.57	12.00
154	65.09	2.83	1.63	11.00
155	65.99	2.67	1.75	14.00
156	65.98	2.34	1.31	11.00
157	65.76	2.31	1.57	10.00
158	65.73	2.36	1.38	10.00
159	65.96	2.36	1.38	10.00
160	65.72	2.73	1.50	13.00
161	65.33	1.89	1.25	12.00
162	64.25	2.40	1.69	13.00
163	66.10	2.38	1.57	10.00
164	65.92	2.23	1.44	10.00
165	65.68	1.77	1.25	10.00
166	65.76	1.98	1.44	9.00
167	65.79	3.03	1.57	11.00
168	65.86	2.82	1.63	10.00
169	65.53	2.60	1.63	13.00
170	65.81	2.45	1.31	10.00
171	66.17	2.22	1.38	9.00
172	66.49	1.93	1.65	10.00
173	66.73	2.02	2.13	11.00
174	66.15	2.21	1.50	13.00
175	65.25	2.85	1.50	7.00
176	65.79	2.61	1.50	8.00
177	66.24	2.81	1.94	11.00
178	66.29	2.64	1.82	12.00
179	65.78	2.01	1.82	9.00
180	65.96	2.90	1.69	10.00
181	66.29	2.44	1.75	10.00
182	65.39	3.02	2.07	9.00
183	64.54	1.89	1.88	11.00
184	65.03	3.98	2.19	13.00
185	66.14	2.87	1.57	10.00
186	66.52	1.88	1.57	11.00
187	66.35	2.51	1.79	10.00



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

188	66.07	2.53	1.44	10.00
189	66.43	2.49	1.82	10.00
190	65.68	2.87	2.13	9.00
191	65.43	2.50	1.75	11.00
192	65.45	2.25	1.65	10.00
193	65.70	2.17	1.19	9.00
194	65.48	2.20	1.38	10.00
195	65.15	2.26	1.38	10.00
196	65.81	2.10	1.54	11.00
197	66.25	2.12	1.47	9.00
198	66.04	2.62	1.63	10.00
199	66.25	2.52	1.69	10.00
200	66.42	2.19	1.63	13.00
201	66.00	2.40	1.44	12.00
202	65.92	2.50	1.44	13.00
203	65.99	2.42	1.38	11.00
204	65.93	2.24	1.44	10.00
205	66.31	2.13	1.50	9.00
206	66.04	2.23	1.38	10.00
207	66.24	2.12	1.62	10.00
208	65.48	2.60	1.94	10.00
209	65.95	2.71	2.25	10.00
210	65.91	3.56	1.75	12.00
211	66.26	3.20	1.63	11.00
212	66.28	2.18	1.63	11.00
213	65.91	2.24	1.42	12.00
214	66.12	2.23	1.69	10.00
215	65.95	2.10	1.69	10.00
216	66.50	2.16	1.44	8.00
217	66.33	2.89	1.50	9.00
218	66.45	2.40	1.25	11.00
219	66.27	1.93	1.69	10.00
220	66.56	1.87	1.94	13.00
221	66.35	1.95	1.60	12.00
222	66.75	3.01	1.82	12.00
223	74.96	2.91	1.99	11.00
224	70.34	1.94	1.63	11.00
225	66.06	2.26	1.94	10.00



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

226	66.44	2.25	1.79	9.00
227	66.39	1.98	1.98	12.00
228	66.56	1.81	2.75	14.00
229	66.68	2.08	2.23	12.00
230	66.78	2.01	1.57	10.00
231	66.84	1.98	1.44	11.00
232	65.26	2.53	1.89	10.00
233	65.52	2.68	1.69	11.00
234	65.82	2.04	1.44	10.00
235	66.01	2.48	1.57	14.00
236	65.84	2.73	1.38	14.00
237	65.30	2.35	1.31	12.00
238	65.23	2.94	1.88	13.00
239	65.67	2.30	1.46	13.00
240	66.01	2.23	1.31	15.00
241	65.55	2.67	1.38	14.00
242	65.62	2.08	1.50	14.00
243	65.48	2.11	1.44	11.00
244	66.11	2.38	1.50	14.00
245	65.56	2.75	1.69	12.00
246	66.66	2.15	1.50	11.00
247	66.50	2.02	1.75	11.00
248	68.93	2.20	1.75	12.00
249	68.30	2.14	1.94	14.00
250	73.99	2.65	1.44	15.00
251	68.30	2.12	1.57	10.00
252	66.98	2.55	1.88	9.00
253	65.10	2.46	1.82	9.00
254	66.00	2.07	1.75	10.00
255	66.14	2.35	1.50	11.00
256	65.60	2.61	1.63	9.00
257	65.57	2.27	1.69	11.00
258	65.72	2.30	1.44	10.00
259	65.44	2.14	1.57	9.00
260	65.58	2.40	1.44	10.00
261	65.55	2.59	1.44	12.00
262	65.63	2.70	1.58	12.00
263	65.95	2.76	1.38	12.00



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

264	66.15	2.54	1.57	12.00
265	66.26	2.49	1.75	14.00
266	65.95	2.49	1.50	14.00
267	65.69	2.39	1.44	14.00
268	66.94	1.85	1.38	14.00
269	66.71	1.96	1.44	13.00
270	67.40	2.10	1.50	14.00
271	68.01	2.32	1.63	13.00
272	70.80	2.67	1.57	11.00
273	67.95	3.70	1.50	11.00
274	66.58	2.39	1.44	12.00
275	66.38	2.35	1.75	10.00
276	65.19	2.33	1.63	10.00
277	65.78	2.32	1.44	10.00
278	65.19	2.30	1.75	11.00
279	66.48	1.99	1.50	10.00
280	64.80	2.06	1.69	12.00
281	64.92	1.95	1.63	12.00
282	65.91	2.41	1.94	12.00
283	66.23	2.25	1.57	16.00
284	66.34	2.32	1.69	16.00
285	66.17	2.12	1.50	16.00
286	65.72	2.24	1.67	14.00
287	66.34	2.28	1.75	12.00
288	67.40	2.46	1.57	14.00
289	66.43	2.32	1.50	15.00
290	65.52	2.47	1.88	14.00
291	66.26	3.23	1.75	14.00
292	65.61	2.10	1.75	12.00
293	65.89	2.34	1.50	11.00
294	65.73	2.25	1.50	12.00
295	66.22	2.42	1.69	11.00
296	66.21	2.50	1.75	11.00
297	67.07	2.72	1.76	10.00
298	65.75	2.41	1.67	13.00
299	66.82	4.30	1.82	10.00
300	64.56	3.00	1.88	11.00
301	65.69	2.60	1.75	13.00



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

302	66.24	2.48	1.44	9.00
303	65.57	2.51	1.82	10.00
304	66.48	2.03	1.63	10.00
305	66.97	2.02	1.82	9.00
306	66.50	1.98	1.63	10.00
307	66.48	2.14	1.82	11.00
308	66.23	2.31	1.69	10.00
309	66.41	2.48	1.63	8.00
310	66.22	2.39	1.38	10.00
311	66.24	2.38	1.94	11.00
312	65.83	2.20	1.64	11.00
313	65.73	2.21	1.88	11.00
314	66.25	2.46	1.88	10.00
315	66.27	1.82	2.07	9.00
316	64.00	1.68	1.75	14.00
317	65.35	2.86	1.88	11.00
318	66.22	1.56	1.69	12.00
319	66.14	1.69	1.75	12.00
320	65.53	3.17	1.63	14.00
321	65.47	2.78	1.57	10.00
322	65.33	2.72	1.50	10.00
323	65.68	1.90	1.63	9.00
324	64.40	2.15	1.69	11.00
325	65.76	1.96	1.85	10.00
326	65.75	2.15	1.94	9.00
327	65.96	2.15	1.88	10.00
328	65.74	2.22	1.88	10.00
329	65.63	2.84	1.57	12.00
330	65.87	2.87	1.82	12.00
331	65.75	2.56	1.75	11.00
332	66.30	2.31	1.63	10.00
333	66.69	1.75	1.63	11.00
334	65.16	2.83	1.69	8.00
335	65.15	3.09	1.57	7.00
336	64.70	3.58	2.13	9.00
337	65.38	2.430	1.820	12.000
338	65.00	1.220	1.630	14.000
339	64.68	2.410	1.940	15.000



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

340	66.41	1.980	1.570	13.000
341	66.27	2.440	1.320	15.000
342	65.79	2.630	1.630	12.000
343	66.42	2.210	1.440	12.000
344	66.58	2.310	1.500	11.000
345	66.50	2.580	1.630	12.000
346	66.49	2.570	1.750	15.000
347	65.95	1.940	1.750	16.000
348	65.13	2.010	1.820	15.000
349	65.44	2.060	1.880	16.000
350	66.04	1.960	1.820	15.000
351	65.92	2.060	1.570	14.000
352	65.73	2.100	2.000	12.000
353	65.40	2.210	1.630	15.000
354	66.41	2.060	1.690	13.000
355	65.88	2.060	2.250	10.000
356	66.03	2.050	1.940	15.000
357	66.34	2.200	1.820	15.000
358	65.69	2.150	1.630	12.000
359	63.98	1.67	1.38	12.00
360	66.69	1.76	1.63	13.00
361	65.41	2.28	1.63	11.00
362	65.30	1.85	1.57	13.00
363	62.56	2.25	1.69	14.00
364	64.40	1.22	1.40	17.00
365	64.69	1.26	1.70	20.00
366	62.87	1.29	1.86	19.00
367	63.01	1.06	1.57	20.00
368	64.39	1.17	1.51	16.00
369	64.03	1.27	1.54	16.00
370	64.14	1.37	1.68	19.00
371	63.86	1.19	1.51	18.00
372	63.11	1.12	1.70	21.00
373	64.16	1.29	1.57	19.00
374	64.05	1.35	2.00	17.00
375	63.64	2.40	2.03	18.00
376	63.45	2.22	2.23	19.00
377	63.40	1.50	1.96	17.00



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

378	63.96	1.30	1.89	18.00
379	63.28	1.19	1.89	18.00
380	63.99	1.46	1.76	16.00
381	62.55	2.44	1.51	21.00
382	62.84	1.18	0.75	19.00
383	64.72	1.83	0.94	22.00
384	64.32	1.85	1.32	24.00
385	64.47	1.37	0.95	25.00
386	64.86	1.35	1.13	18.00
387	63.30	1.31	1.00	21.00
388	63.91	1.63	1.12	20.00
389	64.56	1.07	1.20	19.00
390	65.19	1.47	1.32	20.00
391	69.18	0.87	2.33	22.00
392	67.64	2.93	2.52	20.00
393	69.10	2.20	2.58	17.00
394	69.96	2.58	2.39	20.00
395	69.39	1.79	2.70	23.00
396	69.13	1.99	1.82	20.00
397	69.30	2.18	1.95	19.00
398	68.98	1.79	1.51	18.00
399	68.64	1.43	1.89	20.00
400	68.07	1.77	2.02	20.00
401	69.18	0.87	2.33	22.00
402	67.64	2.93	2.52	20.00
403	69.10	2.20	2.58	17.00
404	69.96	2.58	2.39	20.00
405	69.39	1.79	2.70	23.00
406	69.13	1.99	1.82	20.00
407	69.30	2.18	1.95	19.00
408	68.16	1.05	2.13	20.00
409	69.19	0.87	1.88	20.00
410	69.00	1.00	2.19	21.00
411	68.52	1.30	1.82	20.00
412	68.30	0.90	1.82	20.00
413	68.49	0.88	1.75	20.00
414	63.90	1.23	1.82	18.00
415	64.53	1.06	1.75	17.00



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

416	64.78	1.97	1.75	19.00
417	64.68	1.79	1.57	14.00
418	64.16	1.93	1.82	16.00
419	64.51	2.17	1.88	14.00
420	66.24	2.09	1.82	16.00
421	63.87	2.22	2.00	15.00

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
ALAUDDIN
M A K A S S A R



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

Lampiran 2 : *Perhitungan untuk rata-rata subgroup untuk data Training*

	%	%	%	m2/kg	rata-rata subgroup			
NOMOR	CaO	SO3	Free CaO	Residu 45	CaO	SO3	Free CaO	Residu 45
SAMPEL	X.1	X.2	X.3	X.4	X.1	X.2	X.3	X.4
1	69.18	1.96	1.75	19.00	69.912	1.957	1.840	19.750
2	67.18	2.03	1.69	20.00				
3	70.43	1.65	1.82	22.00				
4	69.43	1.59	1.75	19.00				
5	69.67	1.84	1.65	18.00				
6	70.11	1.77	1.75	17.00				
7	70.18	1.84	1.82	16.00				
8	70.30	1.66	1.75	17.00				
9	70.26	1.79	1.63	18.00				
10	70.23	1.75	1.75	20.00				
11	69.11	2.00	1.75	20.00				
12	68.59	2.42	1.88	16.00				
13	69.16	2.30	1.94	20.00				
14	69.63	2.16	1.75	19.00				
15	69.71	2.38	1.94	20.00				
16	71.04	1.99	1.82	22.00				
17	70.63	1.88	2.25	21.00				
18	71.60	1.65	1.82	21.00				
19	71.21	1.79	1.75	22.00				
20	70.97	1.94	1.44	20.00				
21	71.32	1.78	2.75	21.00				
22	69.66	1.95	1.82	22.00	70.700	2.094	1.864	21.833
23	67.60	2.25	2.13	22.00				
24	70.68	2.60	1.75	22.00				
25	71.09	2.42	1.69	21.00				
26	70.71	2.15	1.88	20.00				
27	70.98	2.08	1.82	23.00				
28	70.87	1.70	1.75	23.00				
29	71.08	1.89	1.88	23.00				
30	69.59	2.56	1.82	22.00				



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

31	70.61	1.75	1.75	23.00				
32	70.35	1.63	1.82	23.00				
33	70.48	1.62	1.63	23.00				
34	70.69	1.78	1.75	23.00				
35	69.87	1.99	1.82	21.00				
36	70.85	1.67	1.88	22.00				
37	71.40	1.78	1.75	23.00				
38	71.33	1.72	1.82	23.00				
39	70.84	1.73	1.88	21.00				
40	70.77	2.96	2.07	11.00				
41	70.71	2.70	1.88	23.00				
42	71.63	2.87	1.94	24.00				
43	71.16	2.73	1.82	22.00				
44	71.17	2.34	2.19	23.00				
45	70.72	2.23	2.32	21.00				
46	70.16	2.09	1.75	20.00				
47	69.69	1.90	1.88	23.00				
48	70.04	1.97	1.94	23.00				
49	69.90	1.83	1.88	23.00	71.027	2.018	1.872	22.250
50	79.00	2.05	1.75	19.00				
51	75.98	2.32	1.69	21.00				
52	76.00	2.15	1.75	22.00				
53	69.92	1.79	1.82	21.00				
54	69.86	1.67	1.75	22.00				
55	70.59	1.69	1.75	23.00				
56	70.31	1.74	1.82	23.00				
57	70.53	1.91	2.13	22.00				
58	70.71	1.91	2.25	21.00				
59	70.11	1.71	1.80	23.00				
60	70.44	2.01	2.00	23.00				
61	70.92	1.87	1.94	24.00				
62	70.99	1.79	1.75	23.00				
63	70.82	1.76	1.88	21.00				
64	70.85	1.99	1.82	23.00				
65	69.56	2.54	2.13	22.00				
66	70.21	3.80	1.75	24.00				



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

67	70.06	2.40	1.88	23.00				
68	66.80	1.81	1.94	21.00				
69	69.79	1.79	1.88	22.00				
70	70.14	1.76	1.75	22.00				
71	70.83	1.87	1.82	23.00				
72	70.33	2.26	2.00	23.00				
73	70.73	2.40	1.94	23.00	71.133	2.487	1.909	20.917
74	69.41	1.98	1.94	20.00				
75	69.82	3.03	2.00	22.00				
76	69.58	1.92	1.75	23.00				
77	70.88	1.98	1.94	22.00				
78	70.04	2.38	2.44	20.00				
79	70.94	2.02	2.32	19.00				
80	71.10	1.95	1.88	23.00				
81	76.70	3.90	1.94	22.00				
82	79.30	2.19	1.88	22.00				
83	75.80	2.12	1.94	21.00				
84	70.80	1.98	1.88	22.00				
85	70.85	3.47	1.88	23.00				
86	70.60	2.16	1.75	22.00				
87	69.99	2.89	1.82	22.00				
88	70.54	2.40	1.75	22.00				
89	70.96	2.69	1.82	23.00				
90	70.59	1.87	1.94	23.00				
91	70.79	1.95	1.75	20.00				
92	70.28	3.01	1.94	23.00				
93	69.83	4.00	2.00	19.00	70.298	2.240	1.863	20.792
94	68.23	2.80	1.69	13.00				
95	69.15	2.09	1.69	14.00				
96	70.28	2.50	1.94	19.00				
97	70.77	2.33	1.94	23.00				
98	70.67	2.27	1.75	20.00				
99	70.59	1.97	1.75	21.00				
100	70.75	2.11	1.88	23.00				
101	70.56	2.43	1.94	21.00				
102	70.46	2.36	1.88	23.00				



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

103	70.25	2.25	1.94	22.00				
104	70.46	2.31	2.13	20.00				
105	70.30	2.56	1.82	22.00				
106	70.31	2.21	1.82	18.00				
107	70.25	1.92	1.88	20.00				
108	70.18	1.89	1.88	21.00				
109	70.19	3.20	1.88	22.00				
110	69.77	1.91	1.72	21.00				
111	69.87	2.03	1.75	22.00				
112	70.18	2.16	1.82	20.00				
113	69.94	2.19	1.75	19.00				
114	70.12	2.31	1.82	21.00				
115	70.16	2.20	1.69	22.00				
116	70.38	2.19	1.88	22.00				
117	70.52	3.33	1.69	22.00				
118	70.67	1.83	1.75	18.00				
119	70.04	1.88	2.53	19.00				
120	69.77	1.92	1.82	17.00				
121	69.55	2.07	2.38	18.00	70.064	2.742	1.803	16.000
122	70.17	2.32	1.88	15.00				
123	70.14	2.17	1.94	16.00				
124	70.26	2.15	2.32	17.00				
125	70.27	3.03	1.75	19.00				
126	70.00	3.17	1.69	21.00				
127	70.30	4.00	1.75	21.00				
128	70.56	3.80	1.75	22.00				
129	70.14	2.49	1.82	16.00				
130	70.65	2.49	2.19	16.00				
131	70.26	3.40	1.94	20.00				
132	70.16	3.98	2.25	20.00				
133	70.39	2.34	1.25	12.00				
134	70.52	2.34	1.19	12.00				
135	70.30	2.12	1.31	14.00				
136	70.62	2.34	1.57	16.00				
137	68.76	2.72	1.38	13.00				
138	69.05	2.79	2.25	13.00				



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

139	70.48	2.43	1.75	14.00				
140	69.86	2.18	1.94	16.00				
141	70.54	2.40	1.75	14.00				
142	70.15	2.31	1.82	13.00				
143	69.26	2.79	1.82	14.00				
144	69.15	3.98	1.57	12.00				
145	68.72	2.82	1.44	13.00	67.305	2.763	1.571	10.833
146	69.09	4.17	1.75	14.00				
147	78.98	3.48	1.88	14.00				
148	75.56	3.82	1.94	11.00				
149	69.49	3.52	1.57	12.00				
150	69.97	2.78	2.07	12.00				
151	66.29	2.18	1.63	10.00				
152	66.15	2.26	1.50	10.00				
153	66.15	2.35	1.57	9.00				
154	65.09	2.83	1.63	8.00				
155	65.99	2.67	1.75	9.00				
156	65.98	2.34	1.31	11.00				
157	65.76	2.31	1.57	10.00				
158	65.73	2.36	1.38	10.00				
159	65.96	2.36	1.38	10.00				
160	65.72	2.73	1.50	13.00				
161	65.33	3.00	1.25	12.00				
162	64.25	2.40	1.69	13.00				
163	66.10	2.38	1.57	10.00				
164	65.92	2.23	1.44	10.00				
165	65.68	2.74	1.25	10.00				
166	65.76	2.72	1.44	9.00				
167	65.79	3.03	1.57	10.00				
168	65.86	2.82	1.63	10.00				
169	65.53	2.60	1.63	10.00	65.896	2.608	1.671	9.667
170	65.81	2.45	1.31	10.00				
171	66.17	2.22	1.38	9.00				
172	66.49	1.93	1.65	10.00				
173	66.73	2.02	2.13	11.00				
174	66.15	2.21	1.50	8.00				



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

175	65.25	2.85	1.50	7.00				
176	65.79	2.61	1.50	8.00				
177	66.24	2.81	1.94	11.00				
178	66.29	2.64	1.82	12.00				
179	65.78	2.01	1.82	9.00				
180	65.96	2.90	1.69	10.00				
181	66.29	2.44	1.75	10.00				
182	65.39	3.02	2.07	9.00				
183	64.54	3.20	1.88	11.00				
184	65.03	3.98	1.57	10.00				
185	66.14	2.87	1.57	10.00				
186	66.52	2.69	1.57	11.00				
187	66.35	2.51	1.50	8.00				
188	66.07	2.53	1.44	10.00				
189	66.43	2.49	1.82	10.00				
190	65.68	2.87	2.13	9.00				
191	65.43	2.50	1.75	11.00				
192	65.45	2.25	1.19	8.00				
193	65.70	2.17	1.19	9.00	65.995	2.383	1.565	10.458
194	65.48	2.20	1.38	10.00				
195	65.15	2.26	1.38	10.00				
196	65.81	2.10	1.54	11.00				
197	66.25	2.12	1.47	9.00				
198	66.04	2.62	1.63	10.00				
199	66.25	2.52	1.69	10.00				
200	66.42	2.19	1.63	13.00				
201	66.00	2.40	1.44	12.00				
202	65.92	2.50	1.44	13.00				
203	65.99	2.42	1.38	11.00				
204	65.93	2.24	1.44	10.00				
205	66.31	2.13	1.50	9.00				
206	66.04	2.23	1.38	10.00				
207	66.24	2.12	1.62	10.00				
208	65.48	2.60	1.94	10.00				
209	65.95	2.71	2.25	10.00				
210	65.91	3.56	1.75	12.00				



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

211	66.26	3.20	1.63	11.00				
212	66.28	2.18	1.63	11.00				
213	65.91	2.24	1.42	12.00				
214	66.12	2.23	1.69	10.00				
215	65.95	2.10	1.69	10.00				
216	66.50	2.16	1.44	8.00				
217	66.33	2.89	1.50	9.00	66.684	2.308	1.594	11.625
218	66.45	2.40	1.25	11.00				
219	66.27	1.93	1.69	10.00				
220	66.56	1.87	1.94	13.00				
221	66.35	1.95	1.60	12.00				
222	66.75	3.01	1.82	12.00				
223	74.96	2.91	1.63	11.00				
224	70.34	1.94	1.63	11.00				
225	66.06	2.26	1.94	10.00				
226	66.44	2.25	1.50	9.00				
227	66.39	1.82	1.52	12.00				
228	66.56	1.81	2.75	14.00				
229	66.68	2.08	1.57	12.00				
230	66.78	2.01	1.57	10.00				
231	66.84	1.98	1.44	11.00				
232	65.26	2.53	1.69	10.00				
233	65.52	2.68	1.69	11.00				
234	65.82	2.04	1.44	10.00				
235	66.01	2.48	1.25	14.00				
236	65.84	2.73	1.38	14.00				
237	65.30	2.35	1.31	12.00	66.517	2.403	1.578	11.417
238	65.23	2.94	1.38	13.00				
239	65.67	2.30	1.46	13.00				
240	66.01	2.23	1.31	15.00				
241	65.55	2.67	1.38	14.00				
242	65.62	2.08	1.50	14.00				
243	65.48	2.11	1.44	11.00				
244	66.11	2.38	1.50	14.00				
245	65.56	2.75	1.69	12.00				
246	66.66	2.15	1.50	11.00				



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

247	66.50	2.02	1.75	11.00				
248	68.93	2.20	1.75	12.00				
249	68.30	2.14	1.94	14.00				
250	73.99	2.65	1.44	15.00				
251	68.30	2.79	1.57	10.00				
252	66.98	2.55	1.88	9.00				
253	65.10	2.46	1.82	9.00				
254	66.00	2.07	1.75	10.00				
255	66.14	2.35	1.50	11.00				
256	65.60	2.61	1.63	9.00				
257	65.57	2.27	1.69	11.00				
258	65.72	2.30	1.44	10.00				
259	65.44	2.14	1.57	9.00				
260	65.58	2.40	1.44	10.00				
261	65.55	2.59	1.44	12.00				
262	65.63	2.70	1.31	12.00	67.220	2.284	1.526	13.375
263	65.95	2.76	1.38	12.00				
264	66.15	2.54	1.57	12.00				
265	66.26	2.49	1.75	14.00				
266	65.95	2.49	1.50	14.00				
267	65.69	2.39	1.44	14.00				
268	66.94	1.85	1.38	14.00				
269	66.71	1.96	1.44	13.00				
270	67.40	2.10	1.50	14.00				
271	68.01	2.32	1.63	13.00				
272	70.80	2.67	1.57	11.00				
273	67.95	3.70	1.50	11.00				
274	66.58	2.39	1.44	12.00				
275	66.38	2.35	1.75	10.00				
276	65.19	2.33	1.63	10.00				
277	65.78	2.32	1.44	10.00				
278	65.19	2.30	1.75	8.00				
279	66.48	1.99	1.50	10.00				
280	64.80	2.06	1.69	12.00				
281	64.92	1.95	1.63	12.00				
282	65.91	2.41	1.94	12.00				



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

283	66.23	2.25	1.57	16.00				
284	66.34	2.32	1.69	16.00				
285	66.17	2.12	1.50	16.00				
286	65.72	2.24	1.67	14.00				
287	66.34	2.28	1.75	12.00				
288	67.40	2.46	1.57	14.00				
289	66.43	2.32	1.50	15.00	66.122	2.483	1.693	11.083
290	65.52	2.47	1.88	14.00				
291	66.26	3.23	1.75	14.00				
292	65.61	2.10	1.75	12.00				
293	65.89	2.34	1.50	11.00				
294	65.73	2.25	1.50	12.00				
295	66.22	2.42	1.69	11.00				
296	66.21	2.50	1.75	11.00				
297	67.07	2.72	1.76	10.00				
298	65.75	2.41	1.67	13.00				
299	66.82	4.30	1.82	10.00				
300	64.56	3.00	1.88	11.00				
301	65.69	2.60	1.75	13.00				
302	66.24	2.48	1.44	9.00				
303	65.57	2.51	1.82	10.00				
304	66.48	2.03	1.63	10.00				
305	66.97	2.02	1.82	9.00				
306	66.50	1.98	1.63	10.00				
307	66.48	2.14	1.82	11.00				
308	66.23	2.31	1.69	10.00				
309	66.41	2.48	1.63	8.00	65.618	2.388	1.761	10.500
310	66.22	2.39	1.38	10.00				
311	66.24	2.38	1.94	11.00				
312	65.83	2.20	1.64	11.00				
313	65.73	2.21	1.88	11.00				
314	66.25	2.46	1.88	10.00				
315	66.27	1.82	2.07	9.00				
316	64.00	1.68	1.75	14.00				
317	65.35	2.86	1.88	11.00				
318	66.22	1.56	1.69	12.00				



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

319	66.14	1.69	1.75	12.00				
320	65.53	3.17	1.63	14.00				
321	65.47	2.78	1.57	10.00				
322	65.33	2.72	1.50	10.00				
323	65.68	1.90	1.63	9.00				
324	64.40	2.15	1.69	11.00				
325	65.76	1.96	1.85	10.00				
326	65.75	2.15	1.94	9.00				
327	65.96	2.15	1.88	10.00				
328	65.74	2.22	1.88	10.00				
329	65.63	2.84	1.57	12.00				
330	65.87	2.87	1.82	12.00				
331	65.75	2.56	1.75	11.00				
332	66.30	2.31	1.63	10.00				
333	66.69	1.75	1.63	11.00				
334	65.16	2.83	1.69	8.00				
335	65.15	3.09	1.57	7.00				
336	64.70	3.58	2.13	9.00				

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
ALAUDDIN
MAKASSAR

TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

Lampiran 3 : *Perhitungan lengkap mencari nilai varian matriks*

sampel -- rata2 subgroup				ragam / variansi matriks			
X.1	X.2	X.3	X.4	X1.X1	X2.X2	X3.X3	X4.X4
-0.732	0.003	-0.090	-0.750	1.197	0.073	0.063	3.761
-2.732	0.073	-0.150	0.250				
0.518	-0.307	-0.020	2.250				
-0.482	-0.367	-0.090	-0.750				
-0.242	-0.117	-0.190	-1.750				
0.198	-0.187	-0.090	-2.750				
0.268	-0.117	-0.020	-3.750				
0.388	-0.297	-0.090	-2.750				
0.348	-0.167	-0.210	-1.750				
0.318	-0.207	-0.090	0.250				
-0.802	0.043	-0.090	0.250				
-1.322	0.463	0.040	-3.750				
-0.752	0.343	0.100	0.250				
-0.282	0.203	-0.090	-0.750				
-0.202	0.423	0.100	0.250				
1.128	0.033	-0.020	2.250				
0.718	-0.077	0.410	1.250				
1.688	-0.307	-0.020	1.250				
1.298	-0.167	-0.090	2.250				
1.058	-0.017	-0.400	0.250				
1.408	-0.177	0.910	1.250				
-0.252	-0.007	-0.020	2.250	0.282	0.174	0.023	6.493
-2.312	0.293	0.290	2.250				
0.768	0.643	-0.090	2.250				
0.390	0.326	-0.174	-0.833				
0.010	0.056	0.016	-1.833				
0.280	-0.014	-0.044	1.167				
0.170	-0.394	-0.114	1.167				
0.380	-0.204	0.016	1.167				
-1.110	0.466	-0.044	0.167				
-0.090	-0.344	-0.114	1.167				
-0.350	-0.464	-0.044	1.167				
-0.220	-0.474	-0.234	1.167				



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

-0.010	-0.314	-0.114	1.167				
-0.830	-0.104	-0.044	-0.833				
0.150	-0.424	0.016	0.167				
0.700	-0.314	-0.114	1.167				
0.630	-0.374	-0.044	1.167				
0.140	-0.364	0.016	-0.833				
0.070	0.866	0.206	-10.833				
0.010	0.606	0.016	1.167				
0.930	0.776	0.076	2.167				
0.460	0.636	-0.044	0.167				
0.470	0.246	0.326	1.167				
0.020	0.136	0.456	-0.833				
-0.540	-0.004	-0.114	-1.833				
-1.010	-0.194	0.016	1.167				
-0.660	-0.124	0.076	1.167				
-1.127	-0.188	0.008	0.750	6.238	0.200	0.021	1.326
7.973	0.033	-0.122	-3.250				
4.953	0.303	-0.182	-1.250				
4.973	0.133	-0.122	-0.250				
-1.107	-0.228	-0.052	-1.250				
-1.167	-0.348	-0.122	-0.250				
-0.437	-0.328	-0.122	0.750				
-0.717	-0.278	-0.052	0.750				
-0.497	-0.108	0.258	-0.250				
-0.317	-0.108	0.378	-1.250				
-0.917	-0.308	-0.072	0.750				
-0.587	-0.007	0.128	0.750				
-0.107	-0.148	0.068	1.750				
-0.037	-0.228	-0.122	0.750				
-0.207	-0.258	0.008	-1.250				
-0.177	-0.027	-0.052	0.750				
-1.467	0.523	0.258	-0.250				
-0.817	1.783	-0.122	1.750				
-0.967	0.383	0.008	0.750				
-4.227	-0.208	0.068	-1.250				
-1.237	-0.228	0.008	-0.250				



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

-0.887	-0.258	-0.122	-0.250				
-0.197	-0.148	-0.052	0.750				
-0.697	0.243	0.128	0.750				
-0.403	-0.087	0.031	2.083	6.353	0.387	0.030	7.123
-1.723	-0.507	0.031	-0.917				
-1.313	0.543	0.091	1.083				
-1.553	-0.567	-0.159	2.083				
-0.253	-0.507	0.031	1.083				
-1.093	-0.107	0.531	-0.917				
-0.193	-0.467	0.411	-1.917				
-0.033	-0.537	-0.029	2.083				
5.567	1.413	0.031	1.083				
8.167	-0.297	-0.029	1.083				
4.667	-0.367	0.031	0.083				
-0.333	-0.507	-0.029	1.083				
-0.283	0.983	-0.029	2.083				
-0.533	-0.327	-0.159	1.083				
-1.143	0.403	-0.089	1.083				
-0.593	-0.087	-0.159	1.083				
-0.173	0.203	-0.089	2.083				
-0.543	-0.617	0.031	2.083				
-0.343	-0.537	-0.159	-0.917				
-0.853	0.523	0.031	2.083				
-1.303	1.513	0.091	-1.917				
-2.903	0.313	-0.219	-7.917				
-1.983	-0.397	-0.219	-6.917				
-0.853	0.013	0.031	-1.917				
0.472	0.090	0.077	2.208	0.110	0.022	0.016	2.490
0.372	0.030	-0.113	-0.792				
0.292	-0.270	-0.113	0.208				
0.452	-0.130	0.017	2.208				
0.262	0.190	0.077	0.208				
0.162	0.120	0.017	2.208				
-0.048	0.010	0.077	1.208				
0.162	0.070	0.267	-0.792				
0.002	0.320	-0.043	1.208				



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

0.012	-0.030	-0.043	-2.792				
-0.048	-0.320	0.017	-0.792				
-0.118	-0.350	0.017	0.208				
-0.108	0.960	0.017	1.208				
-0.528	-0.330	-0.143	0.208				
-0.428	-0.210	-0.113	1.208				
-0.118	-0.080	-0.043	-0.792				
-0.358	-0.050	-0.113	-1.792				
-0.178	0.070	-0.043	0.208				
-0.138	-0.040	-0.173	1.208				
0.082	-0.050	0.017	1.208				
0.222	1.090	-0.173	1.208				
0.372	-0.410	-0.113	-2.792				
-0.258	-0.360	0.667	-1.792				
-0.528	-0.320	-0.043	-3.792				
-0.514	-0.672	0.578	2.000	0.278	0.413	0.107	9.739
0.106	-0.422	0.077	-1.000				
0.076	-0.572	0.138	0.000				
0.196	-0.592	0.518	1.000				
0.206	0.288	-0.053	3.000				
-0.064	0.428	-0.113	5.000				
0.236	1.258	-0.053	5.000				
0.496	1.058	-0.053	6.000				
0.076	-0.252	0.018	0.000				
0.586	-0.252	0.388	0.000				
0.196	-0.658	0.138	4.000				
0.096	1.238	0.448	4.000				
0.326	-0.402	-0.553	-4.000				
0.456	-0.402	-0.613	-4.000				
0.236	-0.622	-0.493	-2.000				
0.556	-0.402	-0.233	0.000				
-1.304	-0.022	-0.423	-3.000				
-1.014	0.048	0.448	-3.000				
0.416	-0.312	-0.053	-2.000				
-0.204	-0.562	0.138	0.000				
0.476	-0.342	-0.053	-2.000				

TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

0.086	-0.432	0.018	-3.000				
-0.804	0.048	0.018	-2.000				
-0.914	1.238	-0.233	-4.000				
1.415	0.058	-0.131	2.167	11.687	0.277	0.043	2.754
1.785	1.408	0.179	3.167				
11.675	0.718	0.309	3.167				
8.255	1.058	0.369	0.167				
2.185	0.758	-0.001	1.167				
2.665	0.018	0.499	1.167				
-1.015	-0.583	0.059	-0.833				
-1.155	-0.503	-0.071	-0.833				
-1.155	-0.413	-0.001	-1.833				
-2.215	0.068	0.059	-2.833				
-1.315	-0.092	0.179	-1.833				
-1.325	-0.423	-0.261	0.167				
-1.545	-0.453	-0.001	-0.833				
-1.575	-0.403	-0.191	-0.833				
-1.345	-0.403	-0.191	-0.833				
-1.585	-0.032	-0.071	2.167				
-1.975	0.238	-0.321	1.167				
-3.055	-0.363	0.119	2.167				
-1.205	-0.383	-0.001	-0.833				
-1.385	-0.533	-0.131	-0.833				
-1.625	-0.022	-0.321	-0.833				
-1.545	-0.042	-0.131	-1.833				
-1.515	0.268	-0.001	-0.833				
-1.445	0.058	0.059	-0.833				
-0.366	-0.008	-0.041	0.333	0.282	0.192	0.062	1.536
-0.086	-0.158	-0.361	0.333				
0.274	-0.388	-0.291	-0.667				
0.594	-0.678	-0.021	0.333				
0.834	-0.588	0.459	1.333				
0.254	-0.398	-0.171	-1.667				
-0.646	0.242	-0.171	-2.667				
-0.106	0.002	-0.171	-1.667				
0.344	0.202	0.269	1.333				



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

0.394	0.032	0.149	2.333	0.100	0.129	0.047	1.563
-0.116	-0.598	0.149	-0.667				
0.064	0.292	0.019	0.333				
0.394	-0.168	0.079	0.333				
-0.506	0.412	0.399	-0.667				
-1.356	0.592	0.209	1.333				
-0.866	1.372	-0.101	0.333				
0.244	0.262	-0.101	0.333				
0.624	0.082	-0.101	1.333				
0.454	-0.098	-0.171	-1.667				
0.174	-0.078	-0.231	0.333				
0.534	-0.118	0.149	0.333				
-0.216	0.262	0.459	-0.667				
-0.466	-0.108	0.079	1.333				
-0.446	-0.358	-0.481	-1.667				
-0.295	-0.213	-0.375	-1.458	0.100	0.129	0.047	1.563
-0.515	-0.183	-0.185	-0.458				
-0.845	-0.123	-0.185	-0.458				
-0.185	-0.283	-0.025	0.542				
0.255	-0.263	-0.095	-1.458				
0.045	0.237	0.065	-0.458				
0.255	0.137	0.125	-0.458				
0.425	-0.193	0.065	2.542				
0.005	0.017	-0.125	1.542				
-0.075	0.117	-0.125	2.542				
-0.005	0.037	-0.185	0.542				
-0.065	-0.143	-0.125	-0.458				
0.315	-0.253	-0.065	-1.458				
0.045	-0.153	-0.185	-0.458				
0.245	-0.263	0.055	-0.458				
-0.515	0.217	0.375	-0.458				
-0.045	0.327	0.685	-0.458				
-0.085	1.177	0.185	1.542				
0.265	0.817	0.065	0.542				
0.285	-0.203	0.065	0.542				
-0.085	-0.143	-0.145	1.542				



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

0.125	-0.153	0.125	-0.458				
-0.045	-0.283	0.125	-0.458				
0.505	-0.223	-0.125	-2.458				
-0.354	0.582	-0.094	-2.625	4.075	0.148	0.097	2.766
-0.234	0.092	-0.344	-0.625				
-0.414	-0.378	0.096	-1.625				
-0.124	-0.438	0.346	1.375				
-0.334	-0.358	0.006	0.375				
0.066	0.702	0.226	0.375				
8.276	0.602	0.036	-0.625				
3.656	-0.368	0.036	-0.625				
-0.624	-0.048	0.346	-1.625				
-0.244	-0.058	-0.094	-2.625				
-0.294	-0.488	-0.074	0.375				
-0.124	-0.498	1.156	2.375				
-0.004	-0.228	-0.024	0.375				
0.096	-0.298	-0.024	-1.625				
0.156	-0.328	-0.154	-0.625				
-1.424	0.222	0.096	-1.625				
-1.164	0.372	0.096	-0.625				
-0.864	-0.268	-0.154	-1.625				
-0.674	0.172	-0.344	2.375				
-0.844	0.422	-0.214	2.375				
-1.384	0.042	-0.284	0.375	3.529	0.064	0.029	3.210
-1.454	0.632	-0.214	1.375				
-1.014	-0.008	-0.134	1.375				
-0.674	-0.078	-0.284	3.375				
-0.967	0.267	-0.198	2.583				
-0.897	-0.323	-0.078	2.583				
-1.037	-0.293	-0.138	-0.417				
-0.407	-0.023	-0.078	2.583				
-0.957	0.347	0.112	0.583				
0.143	-0.253	-0.078	-0.417				
-0.017	-0.383	0.172	-0.417				
2.413	-0.203	0.172	0.583				
1.783	-0.263	0.362	2.583				

TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

7.473	0.247	-0.138	3.583				
1.783	0.387	-0.008	-1.417				
0.463	0.147	0.302	-2.417				
-1.417	0.057	0.242	-2.417				
-0.517	-0.333	0.172	-1.417				
-0.377	-0.053	-0.078	-0.417				
-0.917	0.207	0.052	-2.417				
-0.947	-0.133	0.112	-0.417				
-0.797	-0.103	-0.138	-1.417				
-1.077	-0.263	-0.008	-2.417				
-0.937	-0.003	-0.138	-1.417				
-0.967	0.187	-0.138	0.583				
-0.887	0.297	-0.268	0.583				
-0.567	0.357	-0.198	0.583				
-0.367	0.137	-0.008	0.583				
-0.960	0.206	0.224	0.625	2.173	0.127	0.023	5.168
-1.270	0.206	-0.026	0.625				
-1.530	0.106	-0.086	0.625				
-0.280	-0.434	-0.146	0.625				
-0.510	-0.324	-0.086	-0.375				
0.180	-0.184	-0.026	0.625				
0.790	0.036	0.104	-0.375				
3.580	0.386	0.044	-2.375				
0.730	1.416	-0.026	-2.375				
-0.640	0.106	-0.086	-1.375				
-0.840	0.066	0.224	-3.375				
-2.030	0.046	0.104	-3.375				
-1.440	0.036	-0.086	-3.375				
-2.030	0.016	0.224	-5.375				
-0.740	-0.294	-0.026	-3.375				
-2.420	-0.224	0.164	-1.375				
-2.300	-0.334	0.104	-1.375				
-1.310	0.126	0.414	-1.375				
-0.990	-0.034	0.044	2.625				
-0.880	0.036	0.164	2.625				
-1.050	-0.164	-0.026	2.625				



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

-1.500	-0.044	0.144	0.625				
-0.880	-0.004	0.224	-1.375				
0.180	0.176	0.044	0.625				
0.308	-0.163	-0.193	3.917	0.294	0.234	0.022	2.949
-0.602	-0.013	0.187	2.917				
0.138	0.748	0.057	2.917				
-0.512	-0.383	0.057	0.917				
-0.232	-0.143	-0.193	-0.083				
-0.392	-0.233	-0.193	0.917				
0.098	-0.063	-0.003	-0.083				
0.088	0.017	0.057	-0.083				
0.948	0.238	0.067	-1.083				
-0.372	-0.073	-0.023	1.917				
0.698	1.818	0.127	-1.083				
-1.562	0.518	0.187	-0.083				
-0.432	0.118	0.057	1.917				
0.118	-0.003	-0.253	-2.083				
-0.552	0.027	0.127	-1.083				
0.358	-0.453	-0.063	-1.083				
0.848	-0.463	0.127	-2.083				
0.378	-0.503	-0.063	-1.083				
0.358	-0.343	0.127	-0.083				
0.108	-0.173	-0.003	-1.083				
0.288	-0.003	-0.063	-3.083				
0.098	-0.093	-0.313	-1.083				
0.118	-0.103	0.247	-0.083				
-0.292	-0.283	-0.053	-0.083				
0.112	-0.178	0.119	0.500	0.387	0.293	0.026	2.783
0.632	0.072	0.119	-0.500				
0.652	-0.568	0.309	-1.500				
-1.618	-0.708	-0.011	3.500				
-0.268	0.472	0.119	0.500				
0.602	-0.828	-0.071	1.500				
0.522	-0.698	-0.011	1.500				
-0.088	0.782	-0.131	3.500				
-0.148	0.392	-0.191	-0.500				

-0.288	0.332	-0.261	-0.500				
0.062	-0.488	-0.131	-1.500				
-1.218	-0.238	-0.071	0.500				
0.142	-0.428	0.089	-0.500				
0.132	-0.238	0.179	-1.500				
0.342	-0.238	0.119	-0.500				
0.122	-0.168	0.119	-0.500				
0.012	0.452	-0.191	1.500				
0.252	0.482	0.059	1.500				
0.132	0.172	-0.011	0.500				
0.682	-0.078	-0.131	-0.500				
1.072	-0.638	-0.131	0.500				
-0.458	0.442	-0.071	-2.500				
-0.468	0.702	-0.191	-3.500				
-0.918	1.192	0.369	-1.500				

kovarian subgroup						kovarian matriks					
X1.X2	X1.X3	X1.X4	X2.X3	X2.X4	X3.X4	X1.X2	X1.X3	X1.X4	X2.X3	X2.X4	X3.X4
-0.002	0.066	0.549	0.000	-0.002	0.067	-0.118	0.026	0.428	0.004	0.053	0.127
-0.199	0.409	-0.683	-0.011	0.018	-0.037						
-0.159	-0.010	1.166	0.006	-0.691	-0.044						
0.177	0.043	0.361	0.033	0.275	0.067						
0.028	0.046	0.423	0.022	0.205	0.332						
-0.037	-0.018	-0.545	0.017	0.514	0.246						
-0.031	-0.005	-1.006	0.002	0.439	0.073						
-0.115	-0.035	-1.068	0.027	0.817	0.246						
-0.058	-0.073	-0.610	0.035	0.292	0.367						
-0.066	-0.029	0.080	0.019	-0.052	-0.022						
-0.034	0.072	-0.200	-0.004	0.011	-0.022						
-0.612	-0.053	4.956	0.019	-1.736	-0.152						
-0.258	-0.075	-0.188	0.034	0.086	0.025						
-0.057	0.025	0.211	-0.018	-0.152	0.067						
-0.085	-0.020	-0.050	0.042	0.106	0.025						
0.037	-0.022	2.539	-0.001	0.074	-0.044						
-0.055	0.295	0.898	-0.032	-0.096	0.513						
-0.518	-0.033	2.110	0.006	-0.384	-0.024						
-0.217	-0.116	2.921	0.015	-0.376	-0.202						

-0.018	-0.423	0.265	0.007	-0.004	-0.100						
-0.249	1.282	1.760	-0.161	-0.221	1.138						
0.002	0.005	-0.566	0.000	-0.016	-0.044						
-0.677	-0.671	-5.201	0.085	0.659	0.653						
0.494	-0.069	1.729	-0.058	1.447	-0.202						
0.127	-0.068	-0.325	-0.057	-0.272	0.145	0.033	0.008	0.119	0.025	-0.454	-0.111
0.001	0.000	-0.019	0.001	-0.102	-0.030						
-0.004	-0.012	0.327	0.001	-0.017	-0.051						
-0.067	-0.019	0.199	0.045	-0.460	-0.133						
-0.078	0.006	0.444	-0.003	-0.238	0.019						
-0.517	0.049	-0.185	-0.020	0.078	-0.007						
0.031	0.010	-0.105	0.039	-0.402	-0.133						
0.162	0.015	-0.408	0.020	-0.542	-0.051						
0.104	0.051	-0.256	0.111	-0.553	-0.273						
0.003	0.001	-0.011	0.036	-0.367	-0.133						
0.086	0.036	0.691	0.005	0.087	0.036						
-0.064	0.002	0.025	-0.007	-0.071	0.003						
-0.220	-0.080	0.817	0.036	-0.367	-0.133						
-0.236	-0.028	0.735	0.016	-0.437	-0.051						
-0.051	0.002	-0.117	-0.006	0.303	-0.014						
0.061	0.015	-0.763	0.179	-9.380	-2.234						
0.006	0.000	0.012	0.010	0.707	0.019						

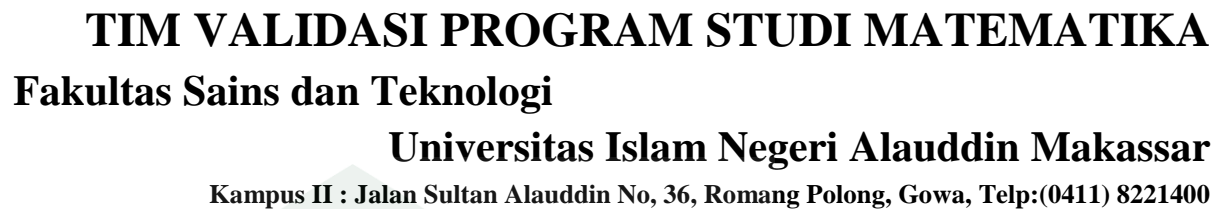
0.722	0.071	2.016	0.059	1.681	0.165						
0.293	-0.020	0.077	-0.028	0.106	-0.007						
0.116	0.153	0.549	0.080	0.287	0.381						
0.003	0.009	-0.017	0.062	-0.113	-0.380						
0.002	0.061	0.989	0.000	0.008	0.209						
0.196	-0.016	-1.178	-0.003	-0.227	0.019						
0.082	-0.050	-0.770	-0.009	-0.145	0.089	0.119	-0.131	-1.336	-0.001	0.121	-0.007
0.211	-0.009	-0.845	-0.001	-0.141	0.006						
0.259	-0.973	-25.912	-0.004	-0.106	0.397						
1.498	-0.902	-6.191	-0.055	-0.378	0.228						
0.659	-0.607	-1.243	-0.016	-0.033	0.031						
0.252	0.058	1.384	0.012	0.284	0.065						
0.406	0.142	0.292	0.042	0.087	0.031						
0.143	0.053	-0.328	0.040	-0.246	-0.092						
0.199	0.037	-0.538	0.014	-0.208	-0.039						
0.053	-0.128	0.124	-0.028	0.027	-0.064						
0.034	-0.120	0.396	-0.041	0.134	-0.472						
0.282	0.066	-0.688	0.022	-0.231	-0.054						
0.004	-0.075	-0.440	-0.001	-0.006	0.096						
0.016	-0.007	-0.187	-0.010	-0.258	0.119						
0.008	0.005	-0.028	0.028	-0.171	-0.092						
0.053	-0.002	0.259	-0.002	0.322	-0.010						

0.005	0.009	-0.133	0.001	-0.021	-0.039						
-0.767	-0.378	0.367	0.135	-0.131	-0.064						
-1.456	0.100	-1.430	-0.218	3.119	-0.214						
-0.370	-0.008	-0.725	0.003	0.287	0.006						
0.877	-0.287	5.284	-0.014	0.259	-0.085						
0.281	-0.010	0.309	-0.002	0.057	-0.002						
0.228	0.108	0.222	0.031	0.064	0.031						
0.029	0.010	-0.148	0.008	-0.111	-0.039						
-0.169	-0.089	-0.523	0.031	0.182	0.096						
0.035	-0.012	-0.839	-0.003	-0.181	0.064						
0.873	-0.053	1.579	-0.016	0.464	-0.028	0.119	0.032	2.037	0.007	-0.011	0.047
-0.713	-0.119	-1.422	0.049	0.589	0.098						
0.880	0.247	-3.235	0.090	-1.181	-0.332						
0.128	-0.008	-0.274	-0.016	-0.549	0.033						
0.117	-0.580	1.002	-0.057	0.098	-0.487						
0.090	-0.079	0.370	-0.192	0.894	-0.787						
0.018	0.001	-0.069	0.016	-1.118	-0.061						
7.868	0.172	6.031	0.044	1.531	0.033						
-2.423	-0.238	8.848	0.009	-0.321	-0.032						
-1.711	0.144	0.389	-0.011	-0.031	0.003						
0.169	0.010	-0.361	0.015	-0.549	-0.032						
-0.278	0.008	-0.589	-0.029	2.049	-0.061						

0.174	0.085	-0.577	0.052	-0.354	-0.172						
-0.461	0.102	-1.238	-0.036	0.437	-0.097						
0.051	0.094	-0.642	0.014	-0.094	-0.172						
-0.035	0.015	-0.360	-0.018	0.424	-0.186						
0.335	-0.017	-1.131	-0.019	-1.285	0.064						
0.184	0.055	0.314	0.085	0.492	0.146						
-0.446	-0.026	-1.777	0.016	1.090	0.064						
-1.972	-0.118	2.497	0.137	-2.901	-0.174						
-0.910	0.636	22.981	-0.069	-2.481	1.735						
0.787	0.435	13.715	0.087	2.744	1.516						
-0.011	-0.026	1.635	0.000	-0.026	-0.059						
0.042	0.036	1.042	0.007	0.199	0.170						
0.011	-0.042	-0.294	-0.003	-0.024	0.089	0.025	0.000	0.156	-0.010	0.259	-0.033
-0.079	-0.033	0.061	0.030	-0.056	-0.024						
-0.059	0.008	0.997	-0.002	-0.287	0.038						
0.050	0.020	0.055	0.015	0.040	0.016						
0.019	0.003	0.357	0.002	0.265	0.038						
0.000	-0.004	-0.058	0.001	0.012	0.093						
0.011	0.043	-0.128	0.019	-0.055	-0.211						
0.001	0.000	0.002	-0.014	0.387	-0.052						
0.000	-0.001	-0.033	0.001	0.084	0.120						
0.015	-0.001	0.038	-0.005	0.253	-0.014						

0.041	-0.002	-0.025	-0.006	-0.073	0.004						
-0.104	-0.002	-0.131	0.016	1.160	0.021						
0.174	0.076	-0.110	0.047	-0.069	-0.030						
0.090	0.048	-0.518	0.024	-0.254	-0.136						
0.009	0.005	0.094	0.003	0.063	0.034						
0.018	0.040	0.642	0.006	0.090	0.202						
-0.012	0.008	-0.037	-0.003	0.015	-0.009						
0.006	0.024	-0.167	0.007	-0.048	-0.209						
-0.004	0.001	0.099	-0.001	-0.060	0.021						
0.242	-0.038	0.268	-0.188	1.317	-0.209						
-0.152	-0.042	-1.038	0.046	1.145	0.315						
0.093	-0.172	0.463	-0.240	0.645	-1.195						
0.169	0.023	2.003	0.014	1.213	0.163						
0.346	-0.297	-1.028	-0.388	-1.344	1.155						
-0.045	0.008	-0.106	-0.033	0.422	-0.077						
-0.043	0.010	0.000	-0.079	0.000	0.000						
-0.116	0.101	0.196	-0.306	-0.592	0.518						
0.059	-0.011	0.617	-0.015	0.864	-0.158	-0.044	-0.018	0.490	0.005	1.028	0.403
-0.027	0.007	-0.321	-0.048	2.140	-0.563						
0.297	-0.012	1.179	-0.066	6.290	-0.263						
0.525	-0.026	2.975	-0.056	6.348	-0.315						
-0.019	0.001	0.000	-0.004	0.000	0.000						

-0.148	0.227	0.000	-0.098	0.000	0.000	1.172	0.430	2.839	0.047	0.459	0.087
0.129	0.027	0.783	0.090	2.632	0.550						
0.119	0.043	0.383	0.554	4.952	1.790						
-0.131	-0.180	-1.303	0.222	1.608	2.210						
-0.183	-0.279	-1.823	0.246	1.608	2.450						
-0.147	-0.116	-0.472	0.306	1.244	0.985						
-0.223	-0.129	0.000	0.093	0.000	0.000						
0.029	0.551	3.912	0.009	0.066	1.268						
-0.049	-0.454	3.043	0.021	-0.144	-1.343						
-0.130	-0.022	-0.832	0.016	0.624	0.105						
0.115	-0.028	0.000	-0.077	0.000	0.000						
-0.163	-0.025	-0.952	0.018	0.684	0.105						
-0.037	0.002	-0.258	-0.008	1.296	-0.053						
-0.039	-0.014	1.608	0.001	-0.096	-0.035						
-1.132	0.213	3.657	-0.288	-4.952	0.930						
0.081	-0.186	3.066	-0.008	0.125	-0.284						
2.512	0.319	5.653	0.252	4.457	0.566						
8.377	3.605	36.971	0.222	2.272	0.978						
8.730	3.044	1.376	0.390	0.176	0.061						
1.655	-0.003	2.549	-0.001	0.884	-0.001						
0.047	1.329	3.109	0.009	0.020	0.582						
0.591	-0.060	0.846	-0.034	0.485	-0.049						



0.580	0.082	0.962	0.036	0.419	0.059	UNIVERSITAS ISLAM NEGERI KADARUSAB	-0.139	0.006	0.129	0.014	0.067	0.130
0.476	0.001	2.117	0.001	0.756	0.002							
-0.150	-0.130	6.276	0.004	-0.191	-0.166							
0.122	-0.235	2.411	-0.017	0.170	-0.328							
0.560	0.346	-0.221	0.110	-0.070	-0.044							
0.699	0.002	1.287	0.001	0.377	0.001							
0.634	0.301	1.312	0.077	0.335	0.159							
0.541	0.257	1.121	0.077	0.335	0.159							
0.052	0.113	-3.434	0.002	-0.070	-0.154							
-0.469	0.634	-2.304	-0.076	0.277	-0.375							
1.107	-0.363	-6.619	-0.043	-0.785	0.257							
0.461	0.002	1.004	0.000	0.319	0.001							
0.738	0.182	1.154	0.070	0.444	0.109							
0.037	0.522	1.354	0.007	0.019	0.268							
0.066	0.203	2.832	0.006	0.078	0.241							
-0.405	0.002	1.262	0.000	-0.223	0.001							
-0.083	-0.085	1.204	0.003	-0.048	-0.049							
0.003	0.015	-0.122	0.000	-0.003	-0.014							
0.014	0.031	-0.029	0.057	-0.053	-0.120							
-0.106	-0.080	-0.183	0.113	0.259	0.194							
-0.403	-0.013	0.198	0.014	-0.226	-0.007							
-0.491	0.382	1.112	-0.270	-0.784	0.612							



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

-0.101	-0.043	-0.423	0.068	0.664	0.285						
-0.156	0.111	1.723	-0.041	-0.644	0.457						
0.000	0.018	0.177	0.000	-0.003	0.285						
0.069	0.092	0.458	0.054	0.269	0.358						
0.012	0.059	0.919	0.005	0.074	0.347						
0.070	-0.017	0.077	-0.089	0.399	-0.099						
0.019	0.001	0.021	0.005	0.097	0.006						
-0.066	0.031	0.131	-0.013	-0.056	0.026						
-0.208	-0.202	0.337	0.164	-0.274	-0.266						
-0.802	-0.283	-1.808	0.124	0.789	0.278						
-1.188	0.088	-0.289	-0.139	0.457	-0.034						
0.064	-0.025	0.081	-0.026	0.087	-0.034						
0.051	-0.063	0.832	-0.008	0.109	-0.135						
-0.045	-0.078	-0.756	0.017	0.164	0.285						
-0.014	-0.040	0.058	0.018	-0.026	-0.077						
-0.063	0.079	0.178	-0.018	-0.039	0.050						
-0.057	-0.099	0.144	0.120	-0.174	-0.306						
0.051	-0.037	-0.622	-0.009	-0.144	0.105						
0.160	0.215	0.744	0.172	0.597	0.802						
0.063	0.111	0.431	0.080	0.311	0.546						
0.094	0.095	0.236	0.034	0.084	0.085	-0.005	0.007	-0.009	0.033	0.148	0.016
0.104	0.156	0.387	0.023	0.057	0.085						



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

0.053	0.005	-0.100	0.007	-0.153	-0.013						
-0.067	-0.024	-0.371	0.025	0.384	0.138						
0.011	0.003	-0.020	0.015	-0.108	-0.030						
0.035	0.032	-0.117	0.017	-0.063	-0.057						
-0.082	0.028	1.079	-0.013	-0.491	0.166						
0.000	-0.001	0.007	-0.002	0.026	-0.192						
-0.009	0.009	-0.192	-0.015	0.297	-0.317						
0.000	0.001	-0.003	-0.007	0.020	-0.100						
0.009	0.008	0.030	0.018	0.066	0.057						
-0.080	-0.020	-0.459	0.016	0.369	0.094						
-0.007	-0.008	-0.020	0.028	0.070	0.085						
-0.064	0.014	-0.112	-0.015	0.121	-0.025						
-0.112	-0.193	0.236	0.081	-0.099	-0.172						
-0.015	-0.031	0.021	0.224	-0.150	-0.314						
-0.101	-0.016	-0.132	0.218	1.814	0.286						
0.216	0.017	0.143	0.053	0.442	0.035						
-0.058	0.019	0.154	-0.013	-0.110	0.035						
0.012	0.012	-0.132	0.021	-0.221	-0.223						
-0.019	0.016	-0.057	-0.019	0.070	-0.057						
0.013	-0.006	0.021	-0.036	0.130	-0.057						
-0.113	-0.063	-1.240	0.028	0.549	0.306						
-0.206	0.033	0.930	-0.055	-1.528	0.247	0.089	0.064	-0.449	-0.034	-0.011	0.023



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

-0.022	0.081	0.146	-0.032	-0.058	0.215						
0.157	-0.040	0.673	-0.036	0.614	-0.156						
0.054	-0.043	-0.171	-0.151	-0.602	0.476						
0.120	-0.002	-0.125	-0.002	-0.134	0.002						
0.046	0.015	0.025	0.159	0.263	0.085						
4.983	0.297	-5.172	0.022	-0.376	-0.022						
-1.345	0.131	-2.285	-0.013	0.230	-0.022						
0.030	-0.216	1.014	-0.017	0.078	-0.562						
0.014	0.023	0.641	0.005	0.152	0.247						
0.144	0.022	-0.110	0.036	-0.183	-0.028						
0.062	-0.144	-0.295	-0.576	-1.183	2.745						
0.001	0.000	-0.002	0.006	-0.085	-0.009						
-0.029	-0.002	-0.156	0.007	0.484	0.039						
-0.051	-0.024	-0.097	0.051	0.205	0.096						
-0.316	-0.136	2.314	0.021	-0.361	-0.156						
-0.433	-0.112	0.728	0.036	-0.233	-0.060						
0.232	0.133	1.404	0.041	0.435	0.251						
-0.116	0.232	-1.601	-0.059	0.409	-0.817						
-0.356	0.181	-2.005	-0.090	1.002	-0.509						
-0.058	0.393	-0.519	-0.012	0.016	-0.107						
-0.919	0.311	-1.999	-0.135	0.869	-0.294						
0.008	0.136	-1.394	0.001	-0.011	-0.184						



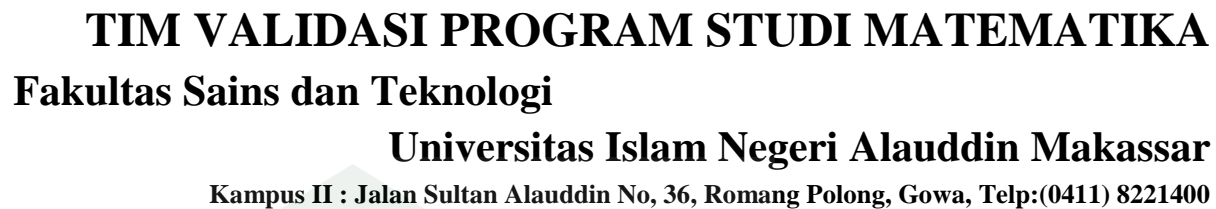
TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

0.053	0.192	-2.275	0.022	-0.263	-0.959						
-0.258	0.192	-2.498	-0.053	0.689	-0.512						
0.290	0.070	-2.317	0.025	-0.835	-0.202						
0.304	0.143	0.432	0.041	0.122	0.058						
0.009	0.032	-1.052	0.002	-0.060	-0.202						
-0.332	-0.107	-0.558	0.039	0.202	0.065						
-0.036	-0.011	-0.060	0.020	0.106	0.033						
0.007	-0.003	0.007	-0.066	0.160	-0.072						
-0.491	0.414	1.408	-0.035	-0.119	0.100						
-0.470	0.645	4.606	-0.095	-0.680	0.934						
1.843	-1.034	26.778	-0.034	0.884	-0.496						
0.689	-0.015	-2.526	-0.003	-0.548	0.012	0.059	0.028	1.455	-0.014	0.036	-0.084
0.068	0.140	-1.119	0.044	-0.354	-0.729						
-0.080	-0.342	3.425	0.014	-0.137	-0.584						
0.172	-0.089	0.733	-0.057	0.472	-0.243						
0.020	0.030	0.157	0.004	0.022	0.033						
-0.190	-0.047	2.216	0.011	-0.499	-0.125						
0.126	-0.106	0.395	-0.015	0.056	-0.047						
0.082	0.110	1.129	0.014	0.146	0.196						
0.284	0.009	2.603	0.002	0.636	0.020						
0.003	0.130	1.328	0.000	0.005	0.196						
-0.181	0.134	-0.564	-0.026	0.109	-0.081						



-0.263	0.238	-0.517	-0.080	0.173	-0.157	0.148	-0.093	0.743	0.005	-0.162	-0.111
-0.202	0.112	-0.331	-0.071	0.208	-0.116						
-0.050	0.003	-0.214	-0.001	0.080	-0.005						
-0.198	-0.215	-0.600	0.046	0.129	0.140						
-0.262	0.033	-0.794	-0.005	0.129	-0.016						
-0.163	0.132	-0.956	-0.009	0.066	-0.054						
0.121	0.041	-0.175	0.063	-0.271	-0.091						
0.165	0.044	0.191	0.028	0.121	0.032						
-0.033	-0.005	0.113	0.005	-0.115	-0.016						
0.029	0.082	-0.296	0.004	-0.014	-0.039						
1.383	0.157	-8.503	0.017	-0.917	-0.104						
1.034	-0.019	-1.734	-0.037	-3.364	0.062						
-0.068	0.055	0.880	-0.009	-0.146	0.119						
-0.056	-0.188	2.835	0.015	-0.224	-0.755						
-0.094	-0.211	6.851	0.005	-0.156	-0.350						
-0.052	0.124	4.860	-0.003	-0.122	0.291						
-0.033	-0.454	10.911	0.004	-0.087	-1.203						
0.217	0.019	2.497	0.008	0.991	0.089						
0.541	-0.396	3.328	-0.037	0.308	-0.225						
0.768	-0.239	3.163	-0.035	0.459	-0.143						
-0.165	-0.542	1.801	0.052	-0.174	-0.569						
0.033	-0.043	-2.599	-0.001	-0.089	0.115						



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

-0.032	-0.144	-2.310	0.006	0.095	0.430						
0.172	0.028	-2.756	0.004	-0.430	-0.069						
0.066	-0.216	-0.938	-0.006	-0.027	0.090						
0.003	-0.197	1.210	-0.001	0.005	-0.308						
0.032	0.008	0.113	0.008	0.110	0.027						
-0.050	-0.060	1.206	0.031	-0.636	-0.757						
0.008	-0.112	-1.756	-0.002	-0.036	0.544						
0.103	0.008	0.402	0.042	2.180	0.165						
0.196	-0.029	-0.469	-0.022	-0.351	0.052						
0.033	0.045	0.019	0.028	0.012	0.016						
0.091	0.076	-0.359	0.045	-0.213	-0.177						
-0.006	0.000	-0.008	0.000	0.005	0.000						
0.002	0.005	-0.007	0.001	-0.001	-0.005						
0.225	0.063	-1.027	0.016	-0.257	-0.072	0.009	-0.010	-0.326	0.020	0.048	0.020
0.027	0.009	-0.713	0.002	-0.139	-0.045						
1.268	0.088	-0.756	0.230	-1.969	-0.137						
-0.808	-0.292	0.130	0.097	-0.043	-0.016						
-0.051	-0.024	-0.828	0.007	0.225	0.109						
0.000	-0.030	-0.246	0.001	0.005	0.528						
-0.015	-0.070	0.598	0.003	-0.030	-0.137						
-0.162	-0.023	-0.388	0.029	0.490	0.069						
-0.392	0.107	-1.766	-0.059	0.964	-0.264						

-0.190	-0.024	-0.409	0.032	0.544	0.069						
-0.123	0.045	-0.030	-0.043	0.029	-0.011						
-0.019	0.000	-0.117	0.001	0.187	0.004						
-0.001	-0.018	-0.888	0.000	0.008	0.195						
-0.009	-0.031	-0.106	0.029	0.100	0.339						
-0.012	0.029	-0.010	-0.025	0.009	-0.021						
0.083	0.016	0.024	0.015	0.024	0.004						
-0.020	0.013	0.056	-0.021	-0.089	0.060						
0.046	0.075	-0.316	0.009	-0.036	-0.060						
-0.370	0.202	-0.978	-0.176	0.852	-0.464						
1.145	0.018	-5.663	0.008	-2.478	-0.038						
-0.126	-0.032	-0.134	0.056	0.236	0.060						
-0.498	-0.043	0.903	0.059	-1.242	-0.106						
-0.364	-0.006	0.783	0.008	-1.047	-0.016						
-0.069	0.012	-0.308	-0.102	2.737	-0.458						
-0.058	0.028	0.074	-0.075	-0.196	0.095						
-0.096	0.075	0.144	-0.087	-0.166	0.130						
-0.030	-0.008	-0.093	0.064	0.732	0.196						
0.290	0.086	-0.609	0.017	-0.119	-0.035						
-0.061	0.013	-0.071	-0.038	0.214	-0.045						
-0.031	0.024	-0.198	-0.043	0.357	-0.269						
-0.081	0.041	-0.171	-0.028	0.119	-0.060						



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

-0.020	0.015	-0.061	-0.020	0.084	-0.060						
0.005	-0.002	0.018	-0.086	0.678	-0.286						
0.122	0.015	0.378	0.029	0.723	0.089						
0.023	-0.001	0.066	-0.002	0.086	-0.005						
-0.053	-0.089	-0.341	0.010	0.039	0.065						
-0.684	-0.140	0.536	0.083	-0.319	-0.065						
-0.202	0.032	1.145	-0.031	-1.105	0.177						
-0.329	0.089	1.638	-0.134	-2.457	0.668						
-1.094	-0.339	1.377	0.440	-1.788	-0.554						

Perhitungan matriks varian kovarian, akar matriks varian kovarian, invers matriks varian kovarian, dan invers dari akar matriks varian kovarian

matriks varian kovarian				akar matriks varian kovarian				invers dari akar matriks kovarian				Invers matriks varian kovariann			
2.048	0.032	0.008	0.637	1.431	0.178	0.092	0.798	0.902	-0.141	-0.034	-0.329	0.513	-0.048	-0.024	-0.077
0.032	0.203	0.010	0.082	0.178	0.451	0.099	0.286	-0.141	2.622	-0.917	-0.228	-0.048	5.011	-0.927	-0.083
0.008	0.010	0.049	0.035	0.092	0.099	0.222	0.187	-0.034	-0.917	5.201	-0.334	-0.024	-0.927	20.526	-0.149
0.637	0.082	0.035	4.196	0.798	0.286	0.187	2.048	-0.329	-0.228	-0.334	0.679	-0.077	-0.083	-0.149	0.253

ALAUDDIN
MAKASSAR

Perhitungan rata-rata subgroup untuk data testing

	%	%	%	m2/kg	rata-rata subgroup			
NOMOR	CaO	SO3	Free CaO	Residu 45				
SAMPEL	X.1	X.2	X.3	X.4				
337	65.38	2.430	1.820	12.000	65.840	2.128	1.710	13.500
338	65.00	1.220	1.630	14.000				
339	64.68	2.410	1.940	15.000				
340	66.41	1.980	1.570	13.000				
341	66.27	2.440	1.320	15.000				
342	65.79	2.630	1.630	12.000				
343	66.42	2.210	1.440	12.000				
344	66.58	2.310	1.500	11.000				
345	66.50	2.580	1.630	12.000				
346	66.49	2.570	1.750	15.000				
347	65.95	1.940	1.750	16.000				
348	65.13	2.010	1.820	15.000				
349	65.44	2.060	1.880	16.000				
350	66.04	1.960	1.820	15.000				
351	65.92	2.060	1.570	14.000				
352	65.73	2.100	2.000	12.000				
353	65.40	2.210	1.630	15.000				
354	66.41	2.060	1.690	13.000				



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

355	65.88	2.060	2.250	10.000				
356	66.03	2.050	1.940	15.000				
357	66.34	2.200	1.820	15.000				
358	65.69	2.150	1.630	12.000				
359	63.98	1.67	1.38	12.00				
360	66.69	1.76	1.63	13.00	63.839	1.556	1.634	18.000
361	65.41	2.28	1.63	11.00				
362	65.30	1.85	1.57	13.00				
363	62.56	2.25	1.69	14.00				
364	64.40	1.22	1.40	17.00				
365	64.69	1.26	1.70	20.00				
366	62.87	1.29	1.86	19.00				
367	63.01	1.06	1.57	20.00				
368	64.39	1.17	1.51	16.00				
369	64.03	1.27	1.54	16.00				
370	64.14	1.37	1.68	19.00				
371	63.86	1.19	1.51	18.00				
372	63.11	1.12	1.70	21.00				
373	64.16	1.29	1.57	19.00				
374	64.05	1.35	2.00	17.00				
375	63.64	2.40	2.03	18.00				
376	63.45	2.22	2.23	19.00				
377	63.40	1.50	1.96	17.00				



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

378	63.96	1.30	1.89	18.00				
379	63.28	1.19	1.89	18.00				
380	63.99	1.46	1.76	16.00				
381	62.55	2.44	1.51	21.00				
382	62.84	1.18	0.75	19.00				
383	64.72	1.83	0.94	22.00				
384	64.32	1.85	1.32	24.00				
385	64.47	1.37	0.95	25.00	67.814	1.805	1.952	20.125
386	64.86	1.35	1.13	18.00				
387	63.30	1.31	1.00	21.00				
388	63.91	1.63	1.12	20.00				
389	64.56	1.07	1.20	19.00				
390	65.19	1.47	1.32	20.00				
391	69.18	0.87	2.33	22.00				
392	67.64	2.93	2.52	20.00				
393	69.10	2.20	2.58	17.00				
394	69.96	2.58	2.39	20.00				
395	69.39	1.79	2.70	23.00				
396	69.13	1.99	1.82	20.00				
397	69.30	2.18	1.95	19.00				
398	68.98	1.79	1.51	18.00				
399	68.64	1.43	1.89	20.00				
400	68.07	1.77	2.02	20.00				



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

401	69.18	0.87	2.33	22.00				
402	67.64	2.93	2.52	20.00				
403	69.10	2.20	2.58	17.00				
404	69.96	2.58	2.39	20.00				
405	69.39	1.79	2.70	23.00				
406	69.13	1.99	1.82	20.00				
407	69.30	2.18	1.95	19.00				
408	68.16	1.05	2.13	20.00				
409	69.19	0.87	1.88	20.00	66.17	1.49	1.84	17.69
410	69.00	1.00	2.19	21.00				
411	68.52	1.30	1.82	20.00				
412	68.30	0.90	1.82	20.00				
413	68.49	0.88	1.75	20.00				
414	63.90	1.23	1.82	18.00				
415	64.53	1.06	1.75	17.00				
416	64.78	1.97	1.75	19.00				
417	64.68	1.79	1.57	14.00				
418	64.16	1.93	1.82	16.00				
419	64.51	2.17	1.88	14.00				
420	66.24	2.09	1.82	16.00				
421	63.87	2.22	2.00	15.00				

Perhitungan untuk mendapatkan nilai k

MU0	68.12399	2.349167	1.741667	15.11012	TRANPOSE	-2.22762
MU1	65.89637	1.774256	1.774881	17.30655		-0.57491
	-2.22762	-0.57491	0.033214	2.196429		0.033214
INVERS	0.51897	-0.16962	-0.10475	-0.02783		2.196429
	-0.16962	5.384779	-0.4738	-0.125		
	-0.10475	-0.4738	24.99603	-0.05412		
	-0.02783	-0.125	-0.05412	0.339025		
	-1.12315		6.197408			
	-3.0082		2.489459			
	1.217097	k	1.24473			
	0.876694					



TIM VALIDASI PROGRAM STUDI MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No, 36, Romang Polong, Gowa, Telp:(0411) 8221400

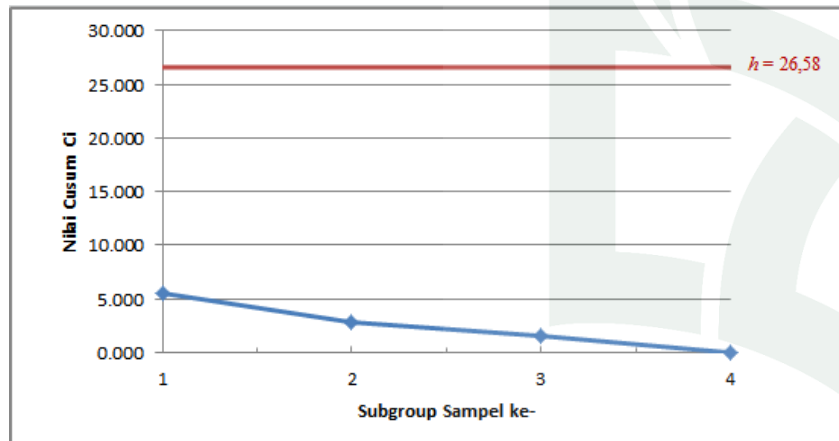
Lampiran 5 sekaligus Lampiran 6 : *Perhitungan untuk menentukan nilai ARL dan nilai h*

k	h ₁	ARL ₁	Log_ARL ₁	C0	C1	h
0.9674	7.00	3884469.12	15.1725	-0.1714	0.7368	20.8251
	7.50	10220264.90	16.1399			22.1380
	8.00	26890091.10	17.1073			23.4510
	8.50	70749316.72	18.0747			24.7639
	9.00	186145339.82	19.0420			26.0769
	9.50	489758591.03	20.0094			27.3898
	10.00	1288581667.24	20.9768			28.7028
	10.50	3390328887.13	21.9442			30.0157
	11.00	8920140815.24	22.9116			31.3287
	11.50	23469378548.45	23.8790			32.6416
	12.00	61749219049.69	24.8463			33.9546
	12.50	162465573792.89	25.8137			35.2676
	13.00	427455813560.83	26.7811			36.5805
	13.50	1124659632654.35	27.7485			37.8935
	14.00	2959041026414.05	28.7159			39.2064
	14.50	7785398836883.00	29.6833			40.5194
	15.00	20483810298051.30	30.6507			41.8323
	15.50	53894025613491.70	31.6180			43.1453
	16.00	141798130062896.00	32.5854			44.4582
	16.50	373078638317533.00	33.5528			45.7712
	17.00	981590309456971.00	34.5202			47.0841
	17.50	2582617809384570.00	35.4876			48.3971
	18.00	6795008757818980.00	36.4550			49.7100
	18.50	17878039813347100.00	37.4223			51.0230
	19.00	47038100900139400.00	38.3897			52.3360
	19.50	123759817037653000.00	39.3571			53.6489
	20.00	325618849827926000.00	40.3245			54.9619
	20.50	856721009299834000.00	41.2919			56.2748
	21.00	2254079848766740000.00	42.2593			57.5878
	21.50	5930607408319180000.00	43.2267			58.9007
	22.00	15603752569303900000.00	44.1940			60.2137

Perhitungan untuk mendapatkan nilai C_i

Xi - M0				Yi bar				sum	akar	Ci	k
											1.259204
-0.246	0.308	-0.125	-3.932	2.062	3.708	0.773	-5.231	45.968	6.780	5.521	1.259
-2.247	-0.264	-0.201	0.568	-4.337	-0.642	-1.838	2.502	28.861	5.372	2.854	2.518
-2.247	-0.264	-0.201	0.568	-4.337	-0.642	-1.838	2.502	28.861	5.372	1.595	3.778
0.082	-0.327	0.001	0.261	0.068	-1.856	0.431	0.448	3.837	1.959	0.000	5.037

Grafik nilai C_i



RIWAYAT HIDUP



Srie Cherunnisa, lahir di Parepare 02 Januari 1994 anak pertama dari pasangan suami istri M. Sulaeman Yusuf dan Hj. Sitti Aisah, S.Pd. Kedua orangtua bekerja sebagai: ayah seorang karyawan swasta dan ibu seorang Guru PNS. Penulis memiliki seorang adik perempuan bernama Asti Yulianti dan seorang adik laki-laki bernama Muh. Hilmy.

Penulis mengawali jenjang pendidikan formal pada taman kanak-kanak Tahun 1998, lalu melanjutkan ke pendidikan Sekolah Dasar (SD) pada Tahun 2006 di SDN 208 Pinrang, kemudian melanjutkan pendidikannya di Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 1 Mattirobulu pada Tahun 2006 dan menyelesaikannya pada Tahun 2009, dan masuk ke Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 5 Unggulan Parepare pada tahun 2009 dan menyelesaikan pendidikannya pada Tahun 2012. Pada Tahun 2012 Penulis melanjutkan pendidikannya di Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, jurusan Matematika Sains dan Teknologi, hingga sekarang.